



Universidad de Chile

Agencia Chilena de Cooperación Internacional para el
Desarrollo



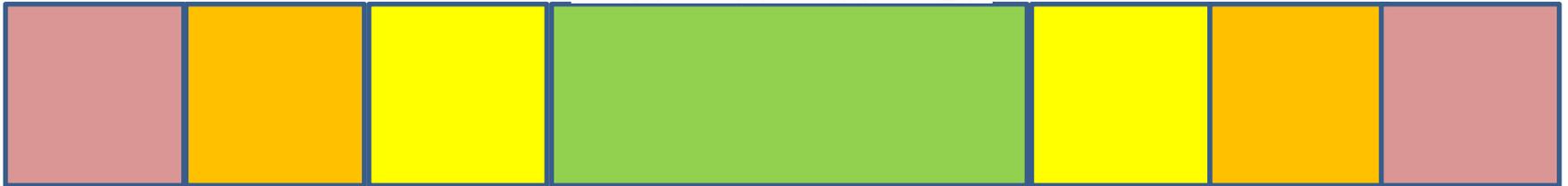
AGRIMED

Centro de Agricultura
y Medio Ambiente

Santiago, 12 al 16 de noviembre de 2018

Evaluación del estrés provocado por el cambio climático en los ecosistemas terrestres.

*Dr. Fernando Santibáñez
Centro de Agricultura y Medio Ambiente
Facultad de Ciencias Agronómicas*



Infraóptimo

Óptimo
ecofisiológico

supraóptimo

Estrés
creciente

No estrés

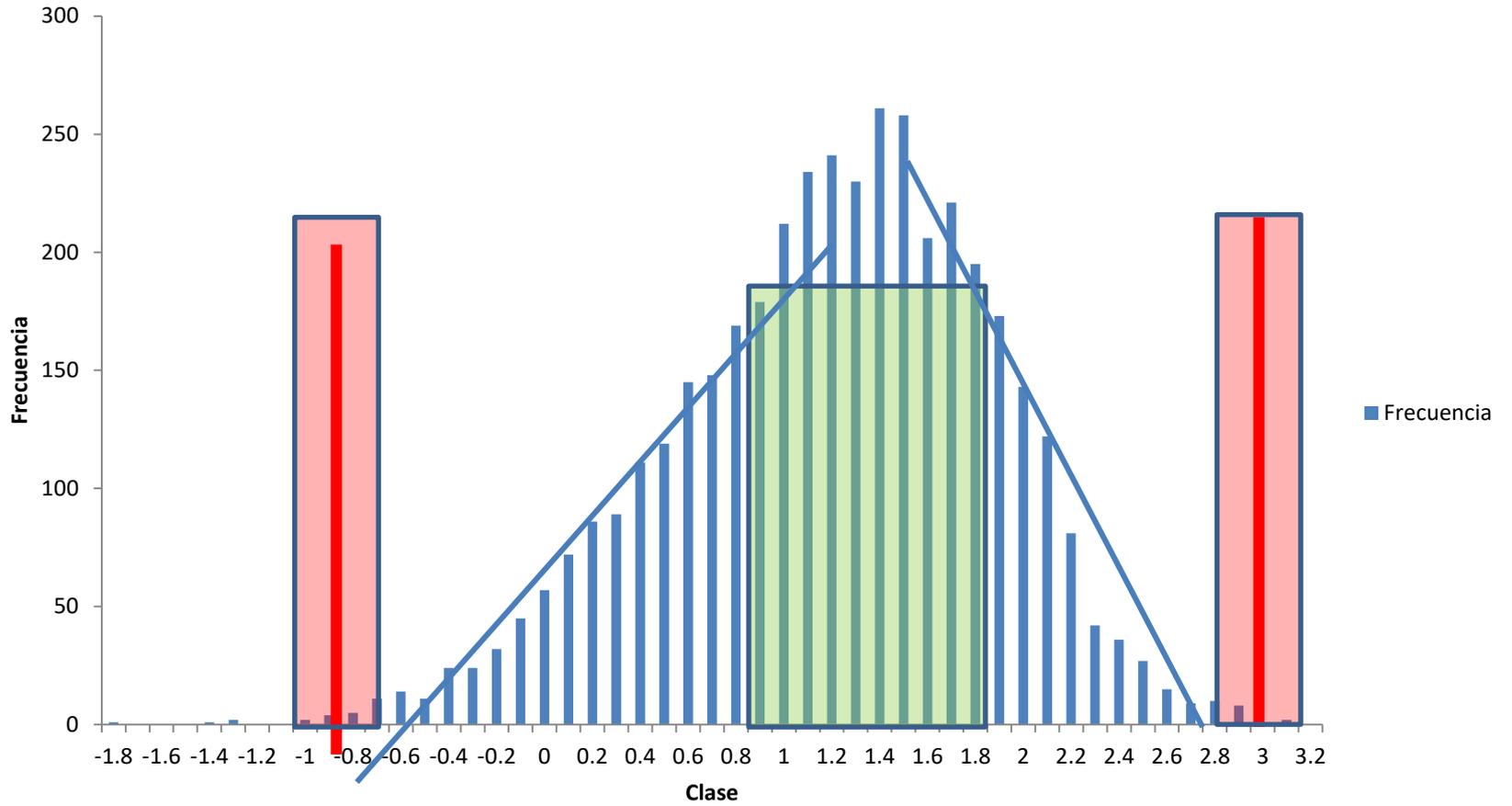
Estrés
creciente

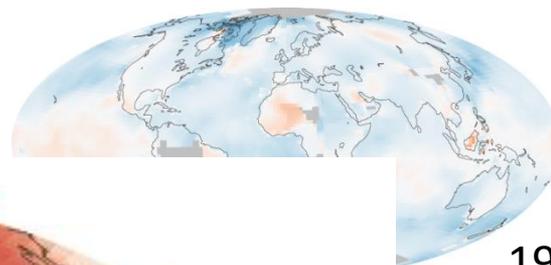
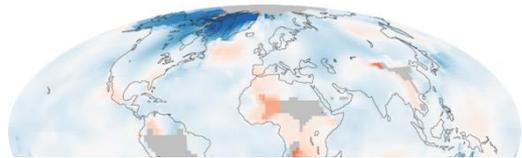
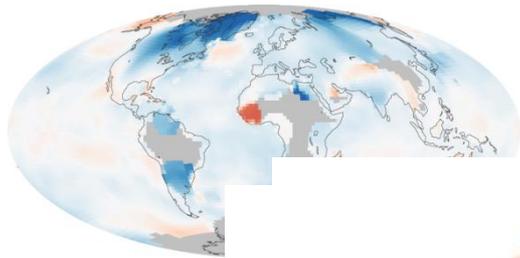
Limitada
presencia

Máxima
presencia

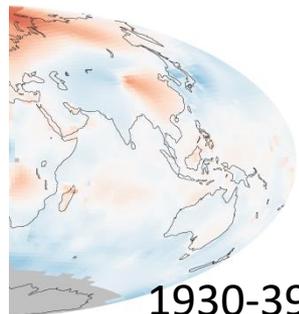
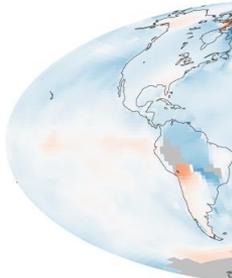
Limitada
presencia

T min mes mas frio

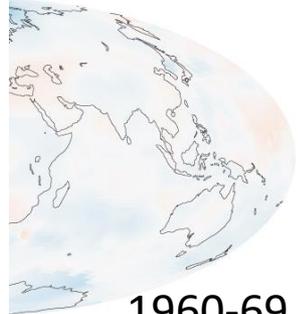
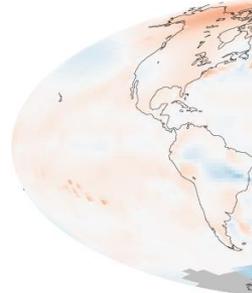




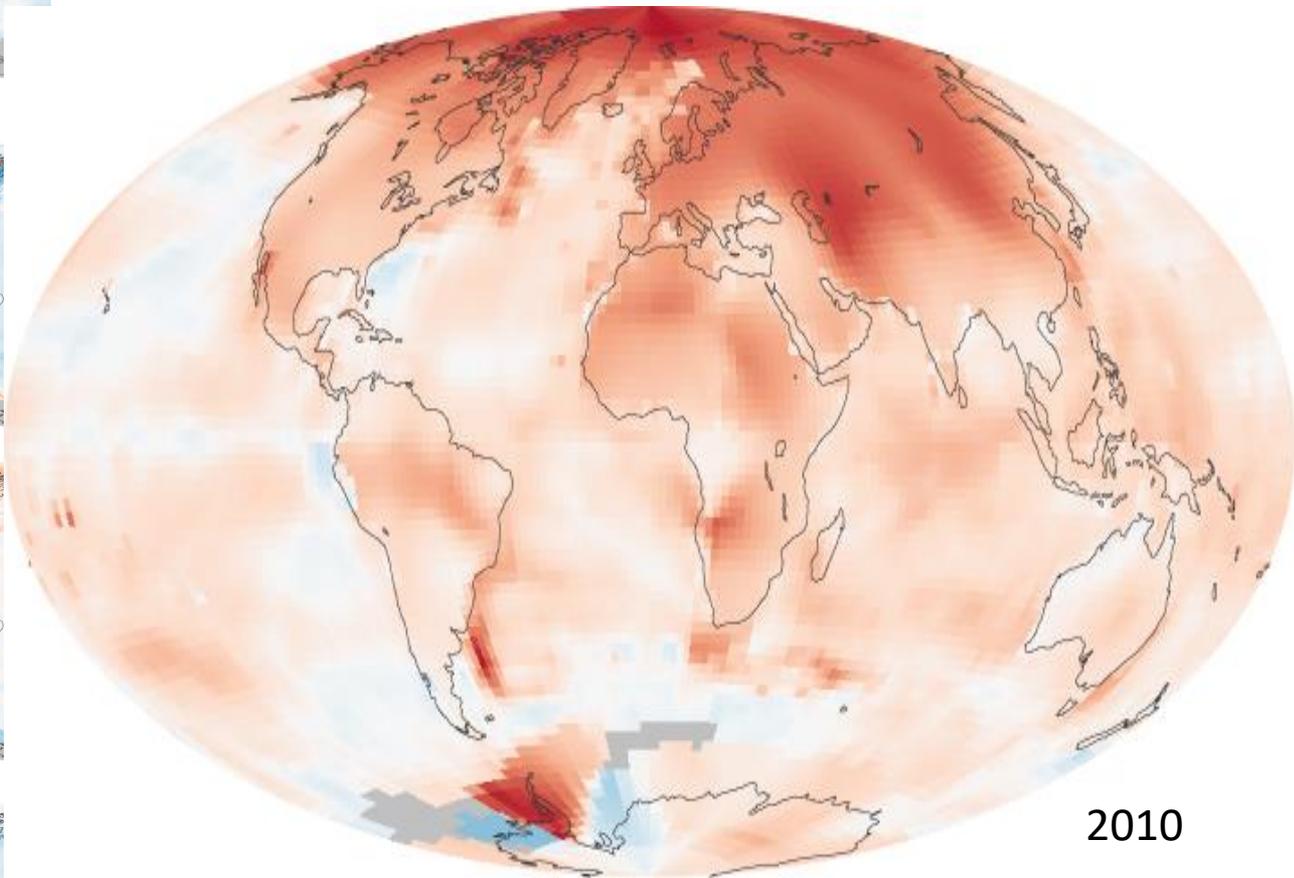
1900-09



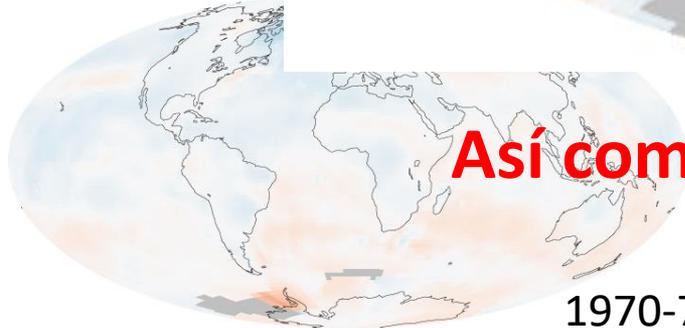
1930-39



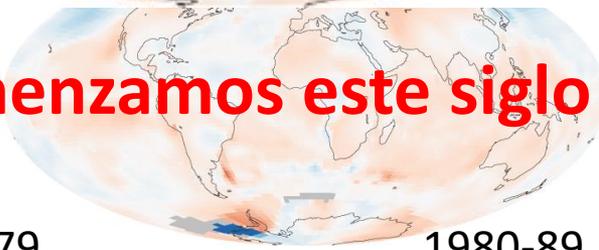
1960-69



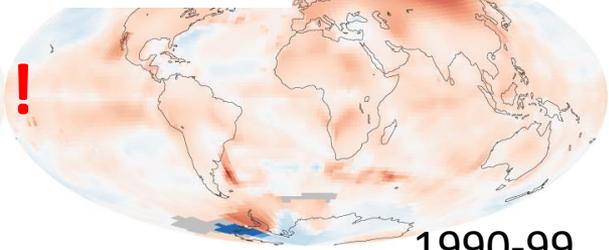
2010



1970-79



1980-89

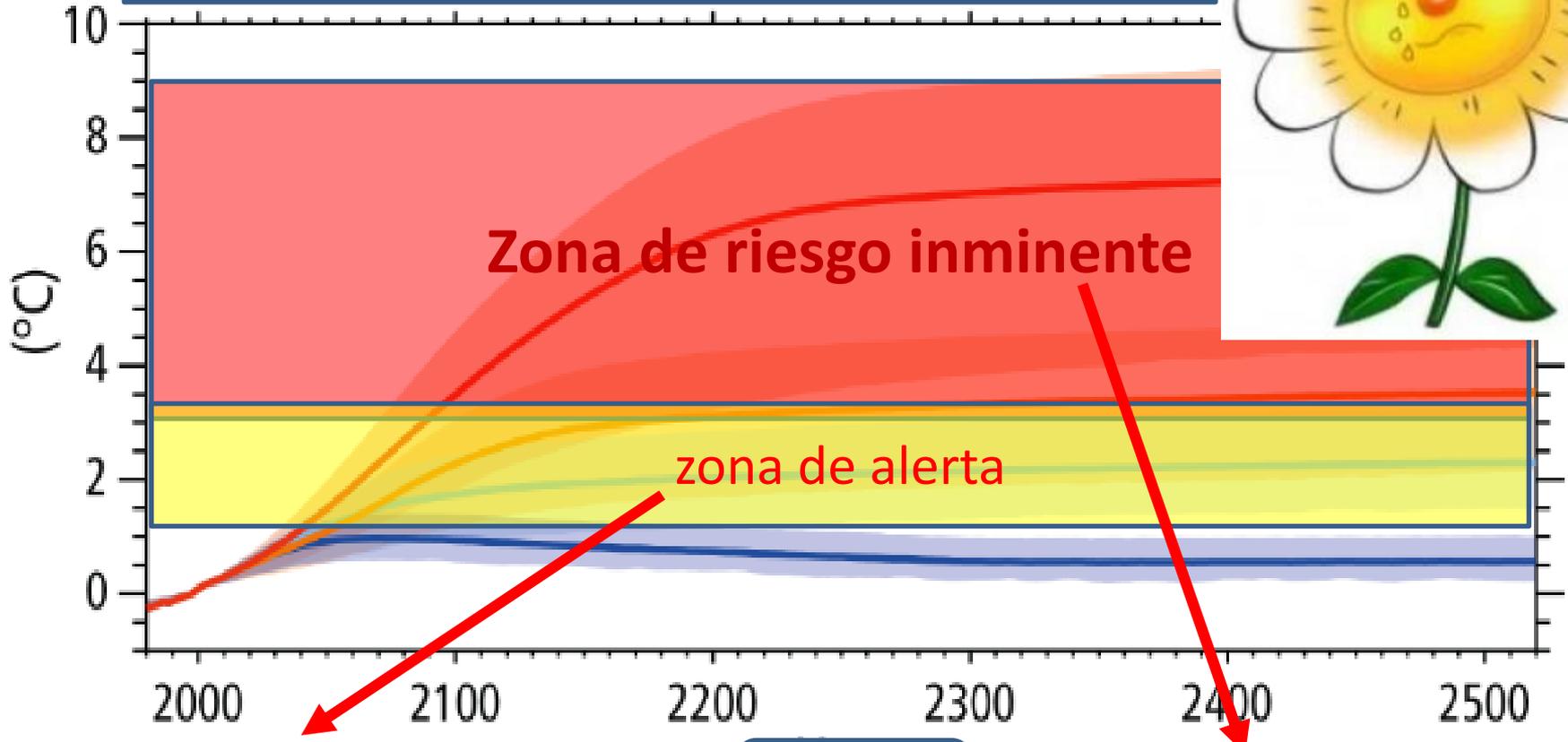
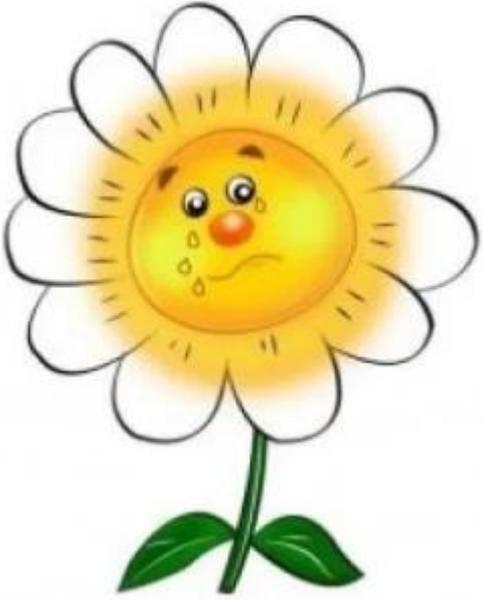


1990-99

Así comenzamos este siglo !

(b)

Cambio en la temperatura del hábitat genera cambios biológicos

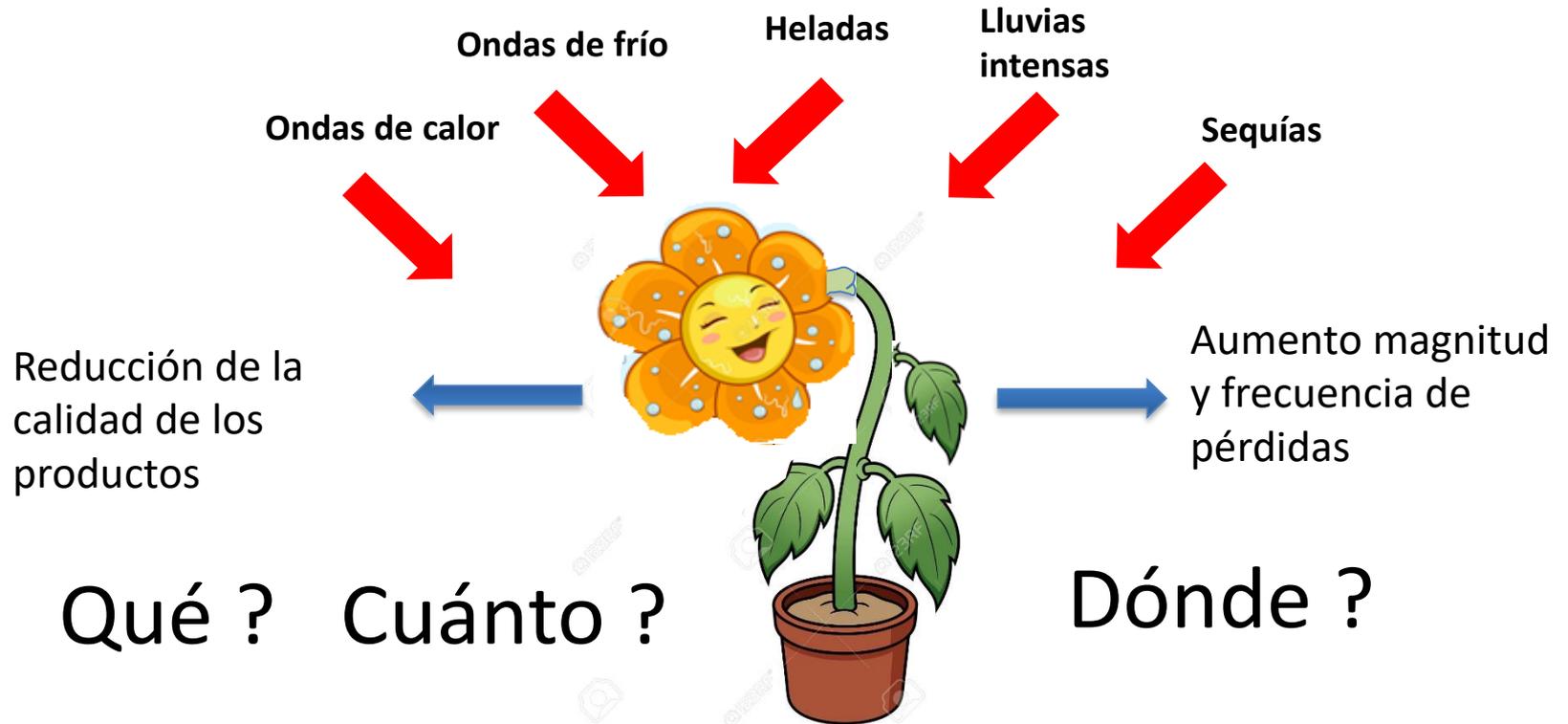


Año

Estrés bioclimático podría afectar la dinámica reproductiva, las tasas de crecimiento, la resistencia a las plagas y la capacidad competitiva de alguna especies

Estrés bioclimático podría, impedir la reproducción, provocar Concurrencias interespecíficas peligrosas y provocar la mortalidad de algunas especies.

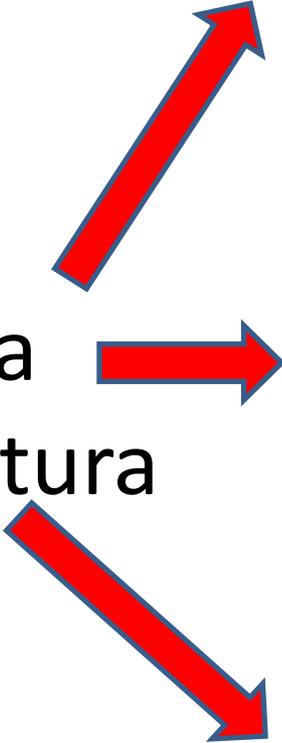
Las múltiples caras del cambio climático



El calentamiento global no le hará fácil la vida a las plantas

En climas fríos, el calentamiento hará algunas concesiones a las plantas

Alza en la
temperatura



Tasas de crecimiento:

habilidad para ocupar el espacio, competir por luz y agua. Prolificidad reproductiva, resiliencia frente a estreses bióticos y abióticos.

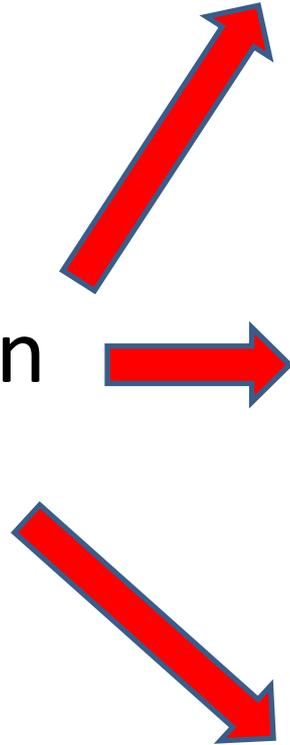
Tasa reproductiva:

Capacidad para ocupar territorios
Resiliencia frente a eventos catastróficos
Expresión génica.

Cambios de estacionalidad

Sincronía de cadenas tróficas
Asincronía reproductiva
Surgencia de nuevas amenazas (abióticas y bióticas)

Aridización



Tasas de crecimiento

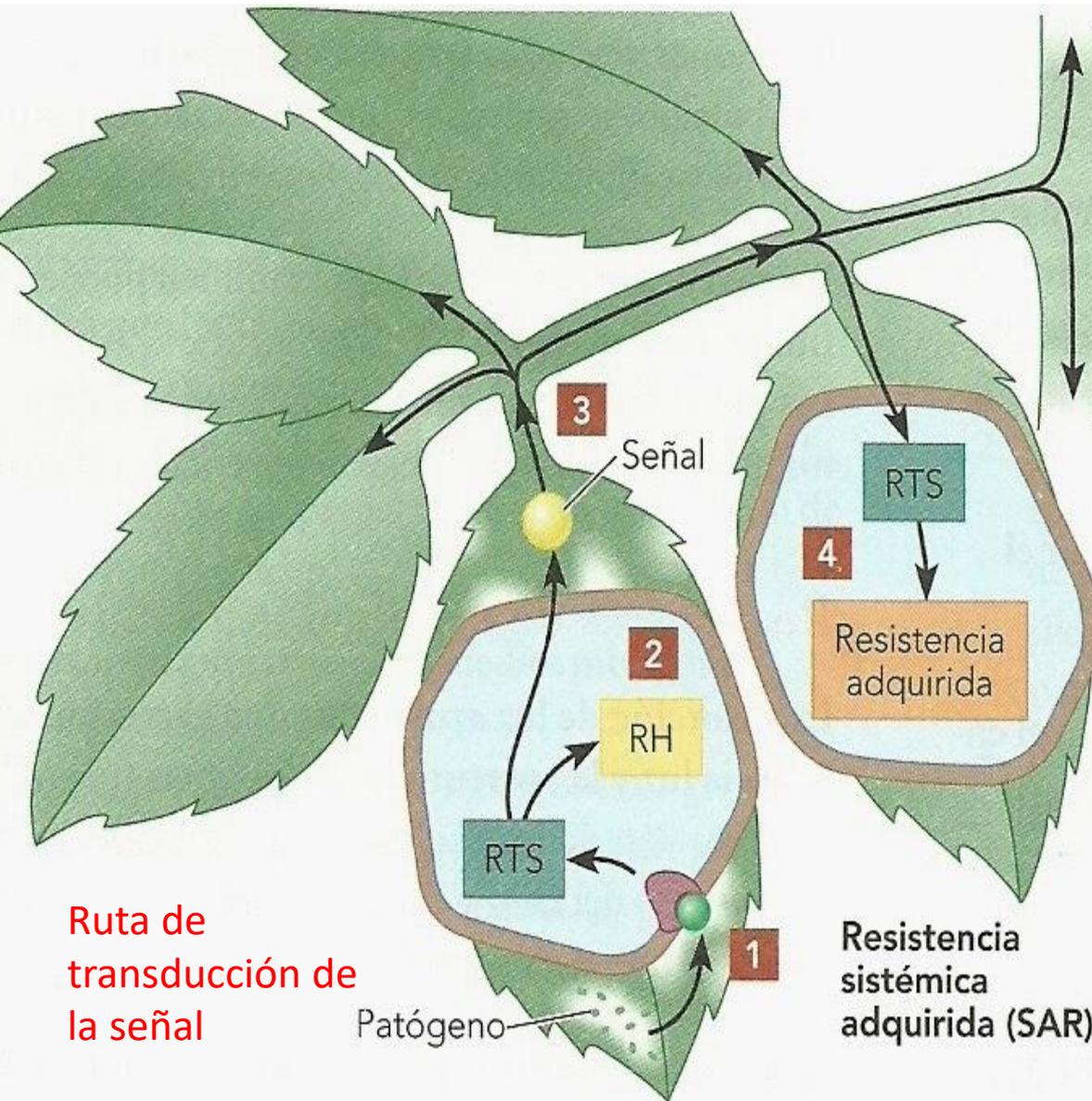
- Menor producción de biomasa
- Dificultad reproductiva
- Perdida de capacidad competitiva

Adaptación y supervivencia

- Acortamiento del periodo húmedo puede dificultar reproducción
- Mortalidad pre-reproductiva
- Aumento del estrés térmico

Depredación

- Surgencia de nuevos depredadores
- Aumento de la tasa de depredación.



Ruta de transducción de la señal

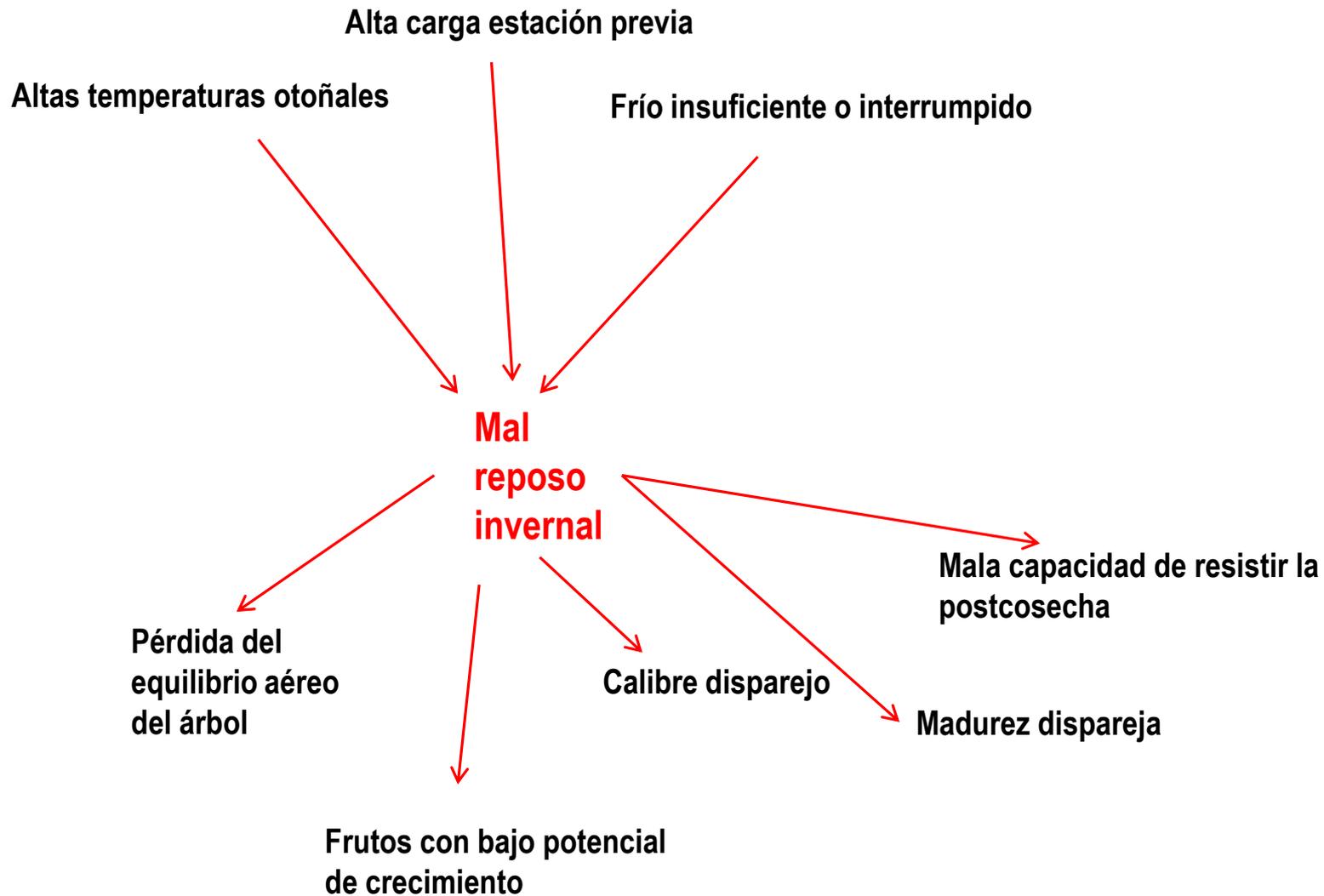
Patógeno

Señal

Resistencia sistémica adquirida (SAR)

- 1 La unión de un patógeno a la membrana plasmática induce una ruta de transducción de señales (RTS).
- 2 La RTS causa una respuesta hipersensible (RH), que elimina las células vegetales infectadas. Antes de morir, éstas liberan moléculas antimicrobianas.
- 3 Las células que mueren liberan ácido salicílico, que es transportado por todo el vegetal.
- 4 En las células sanas del vegetal, el ácido salicílico induce una RTS que produce moléculas antimicrobianas, las cuales evitan una mayor infección. A esta respuesta se la conoce como resistencia sistémica adquirida (SAR, de las siglas del término inglés, systemic acquired resistance).

Reconocimiento del patógeno y respuesta hipersensible (RH)

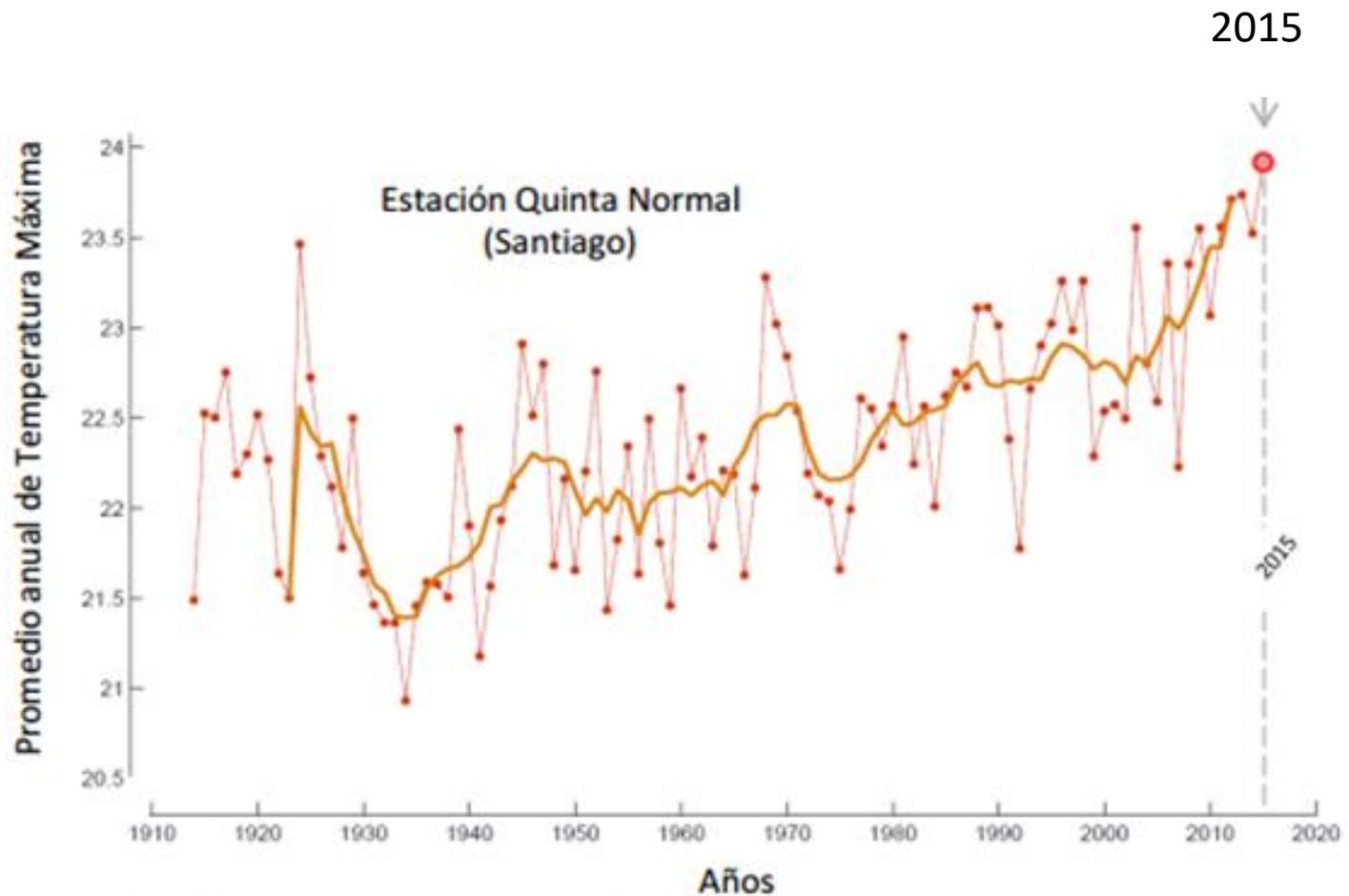


El cambio climático en acción:

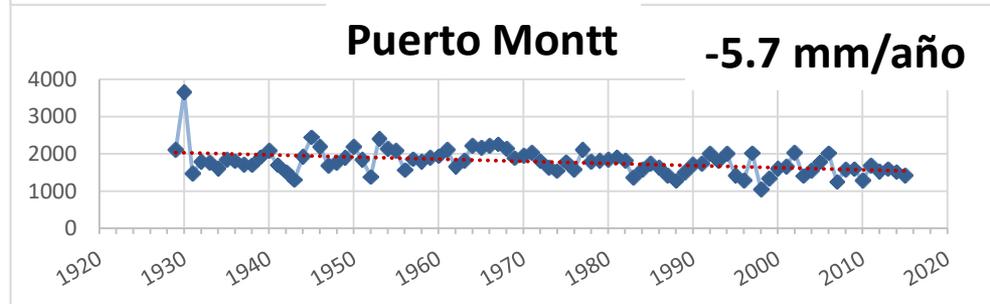
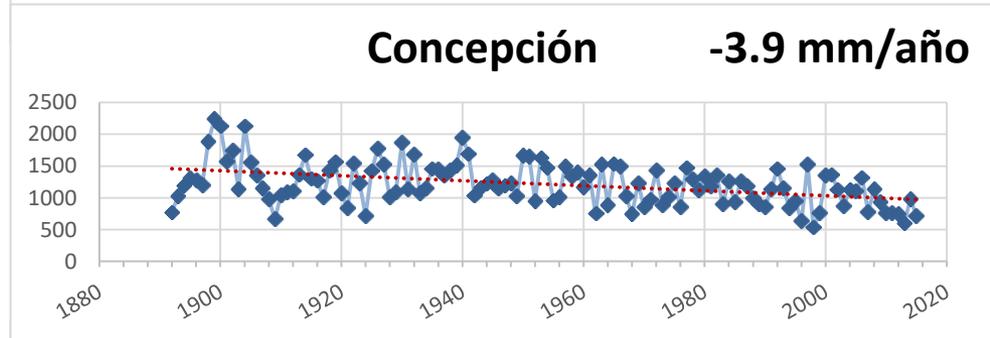
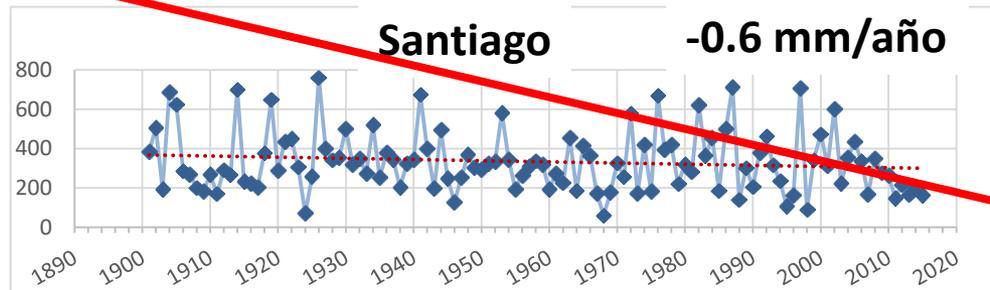
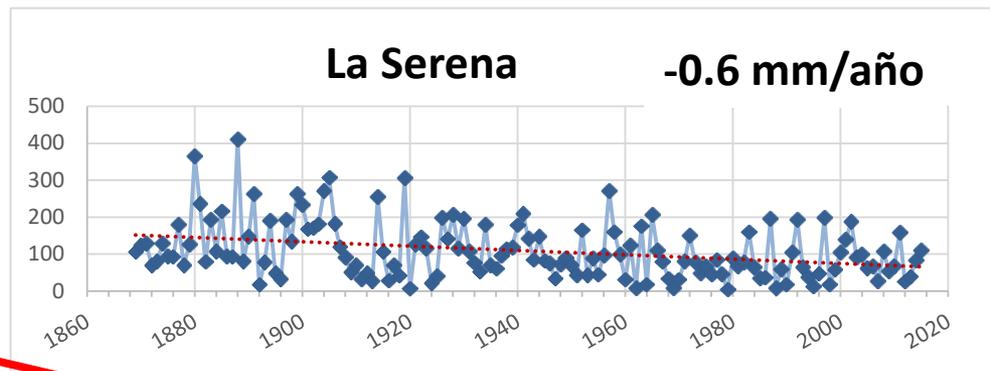
Lo que ya ocurrió....

Hacia dónde van las temperaturas máximas?

Año 2015, el más cálido de la historia



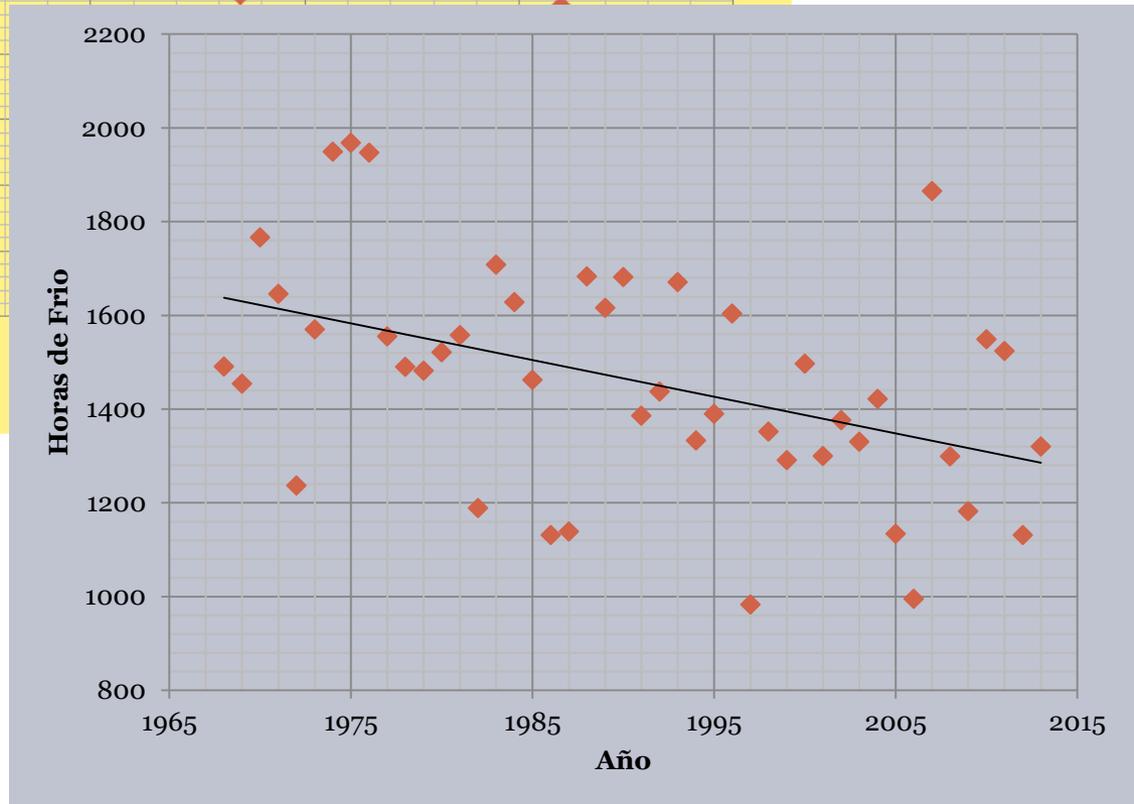
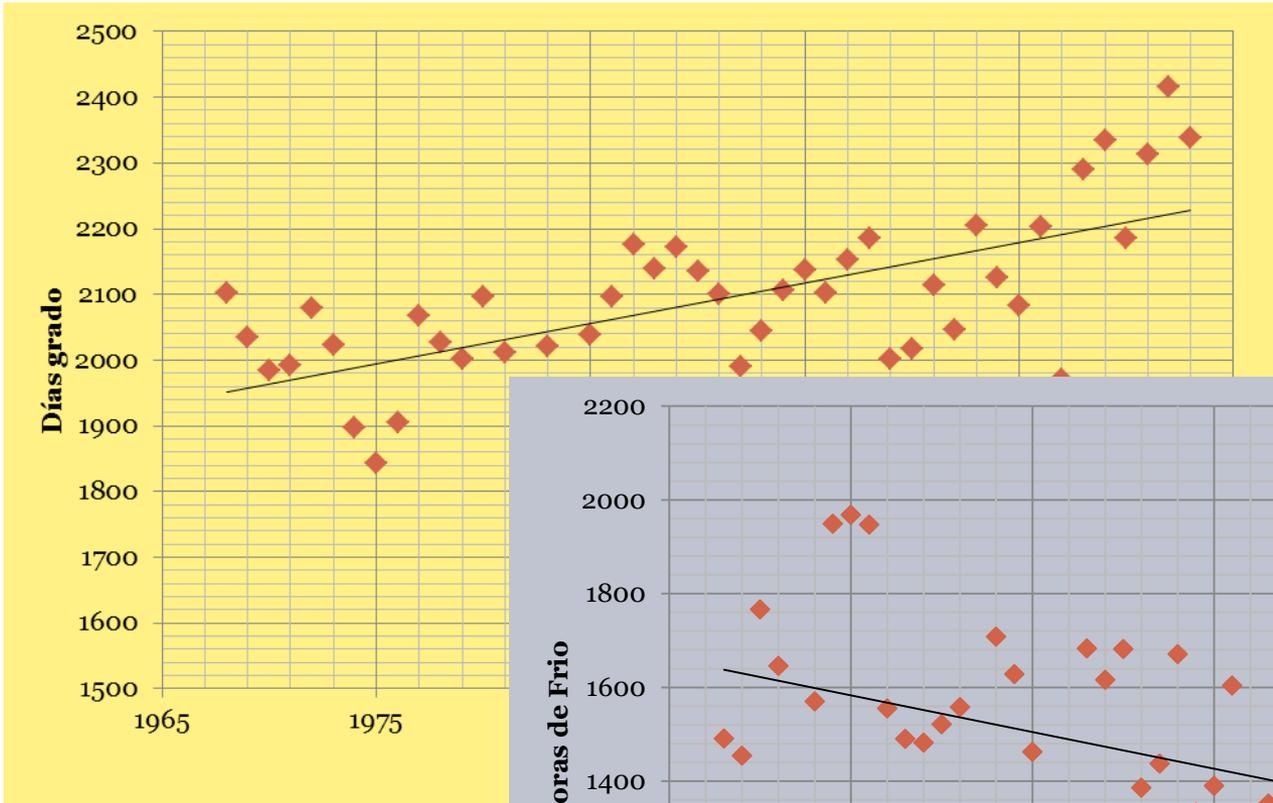
El hoy del cambio climático



Es probable que un nuevo equilibrio climático se alcance hacia el fin de este siglo

Pudahuel

El clima se está tornando más cálido

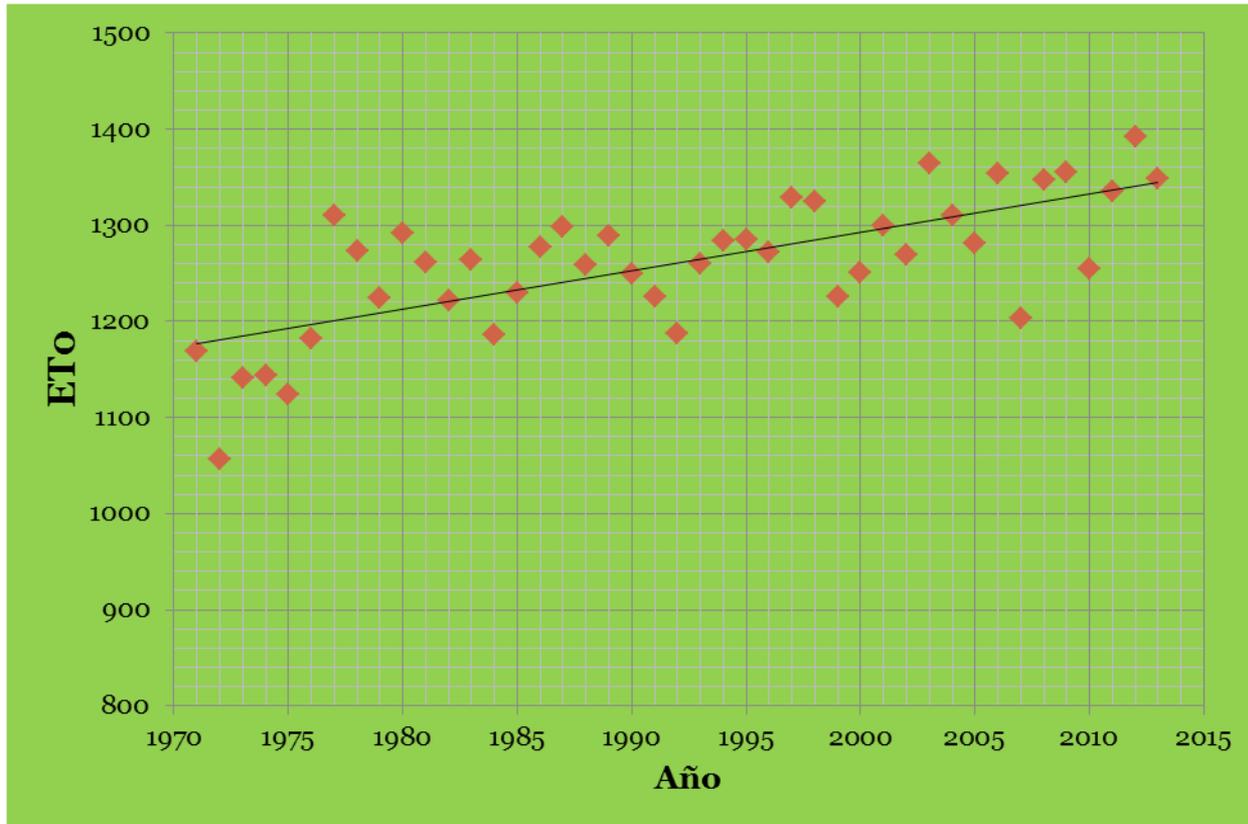


Los inviernos se están tornando menos fríos

Las tasas de evaporación ya subieron cerca de 10% en la segunda mitad del siglo XX.

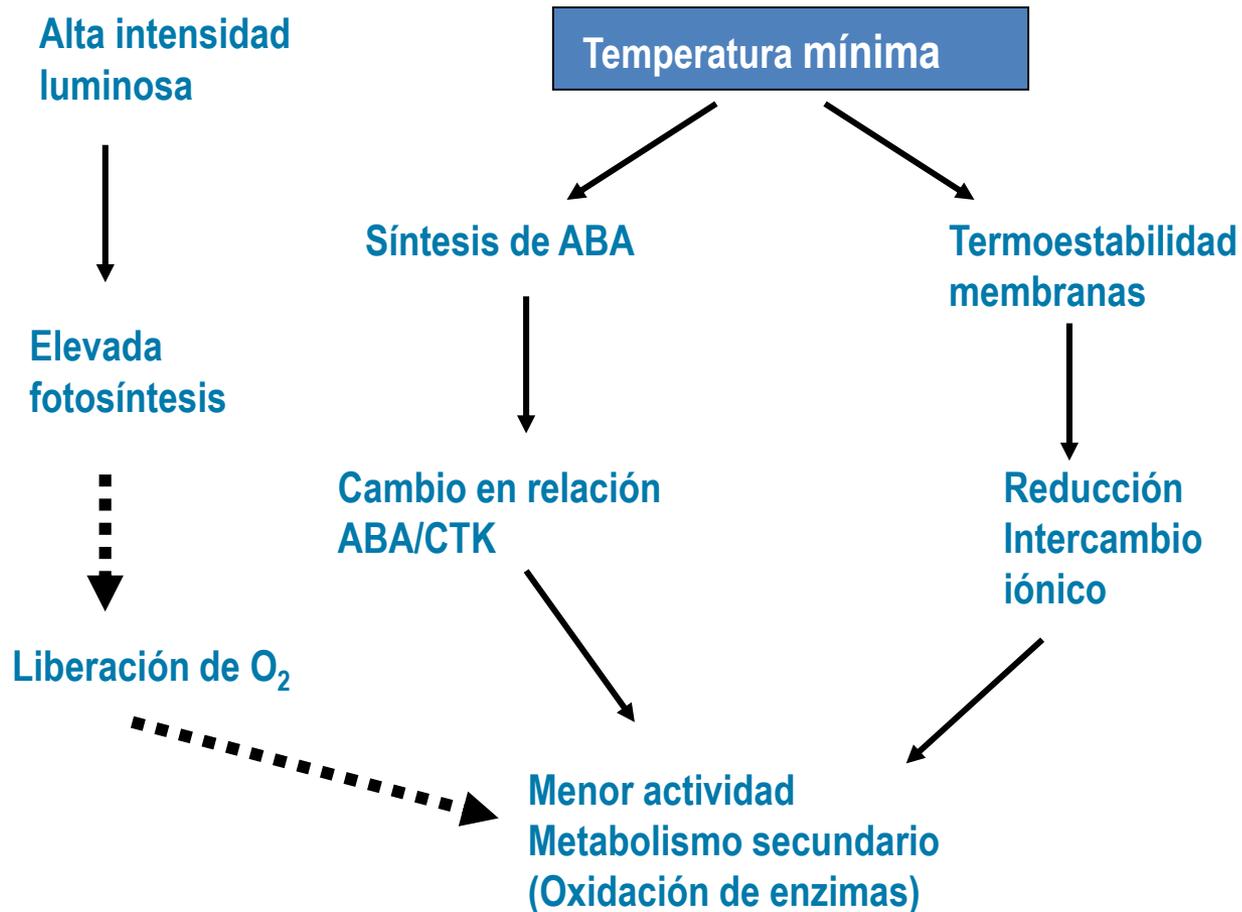
Santiago

Evapotranspiración de referencia

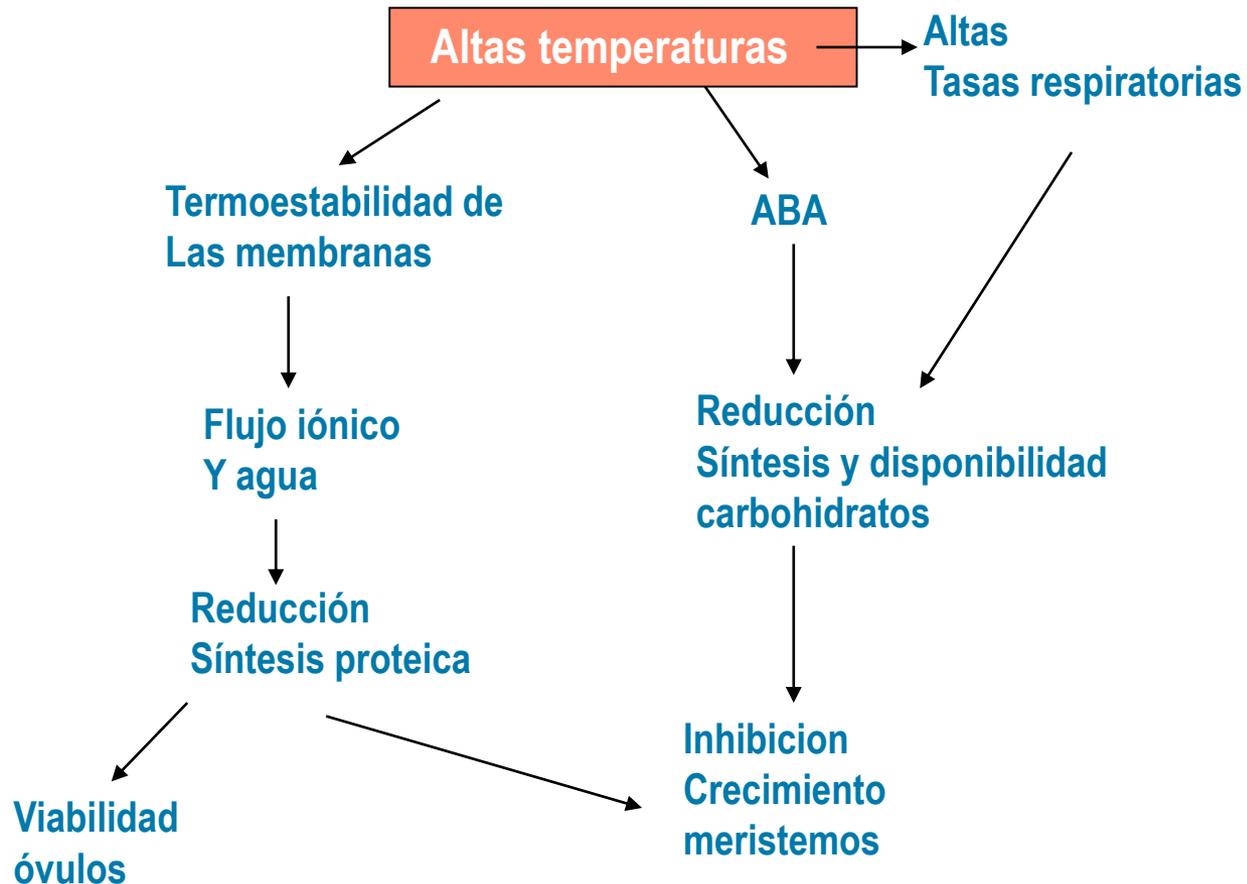


Las tasas de evaporación pueden aumentar hasta en 8% por cada grado de aumento en la temperatura

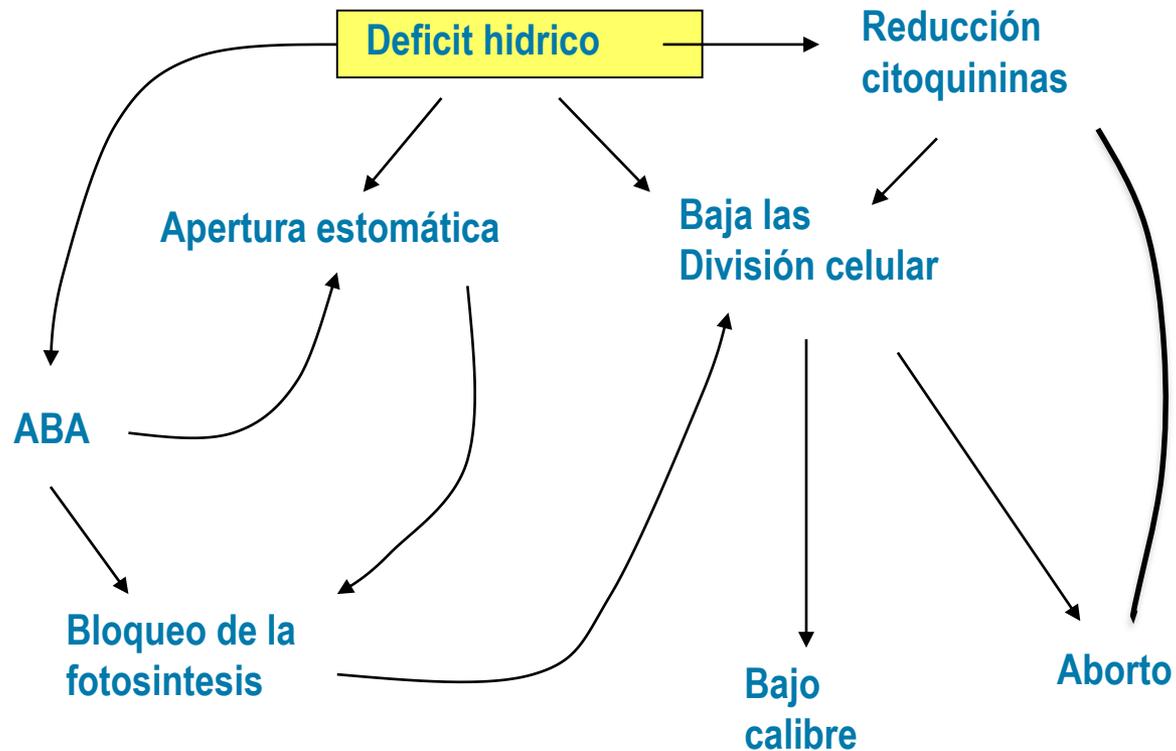
Mecanismo de acción de las temperaturas bajas



Mecanismo de acción de las temperaturas altas

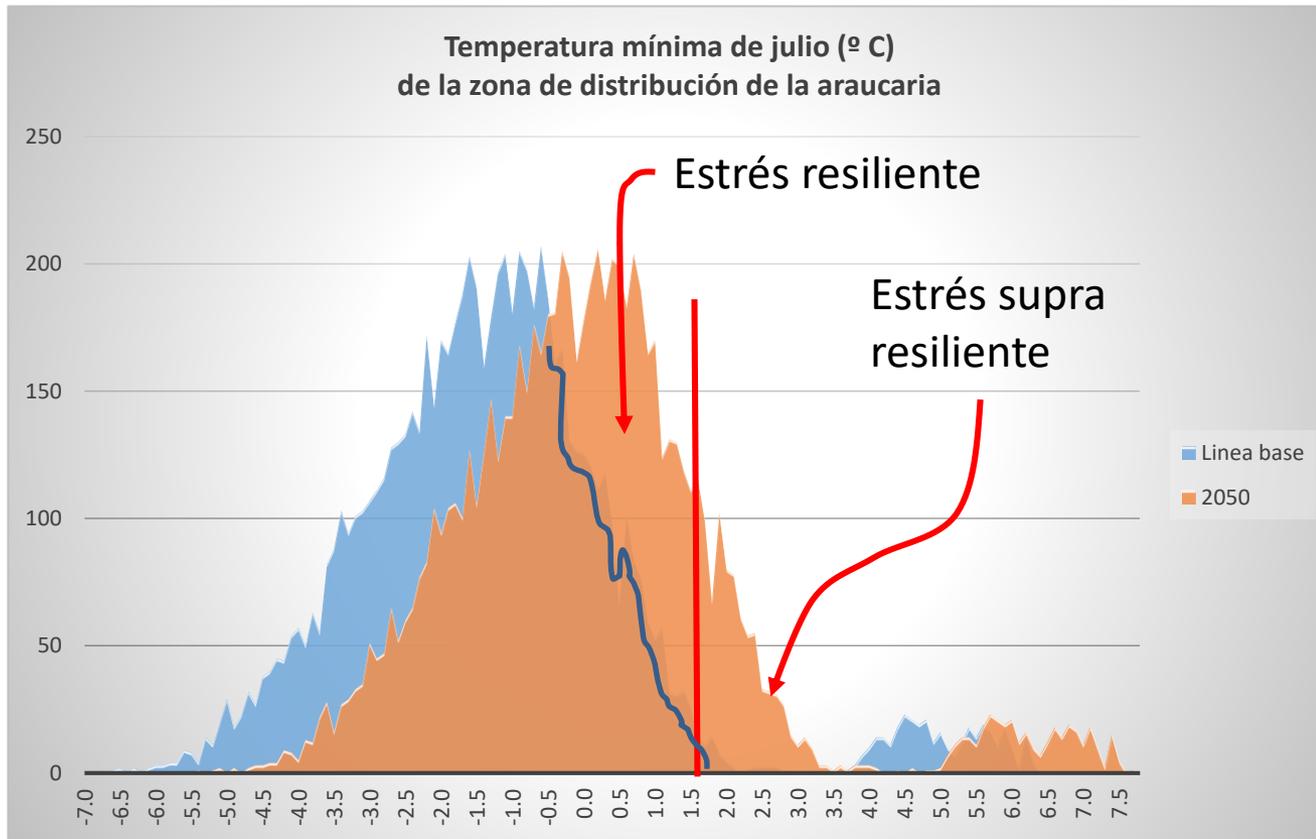


Mecanismo de acción del déficit hídrico

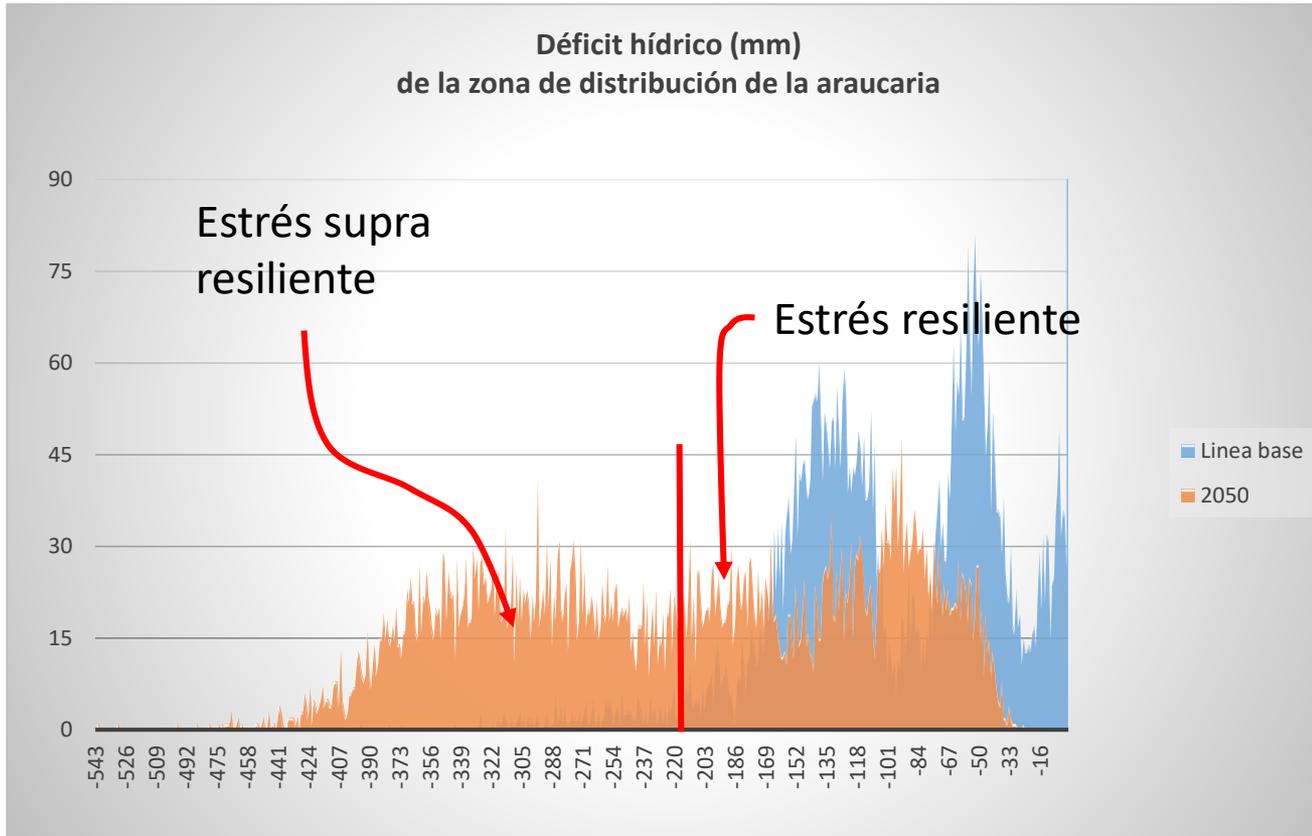


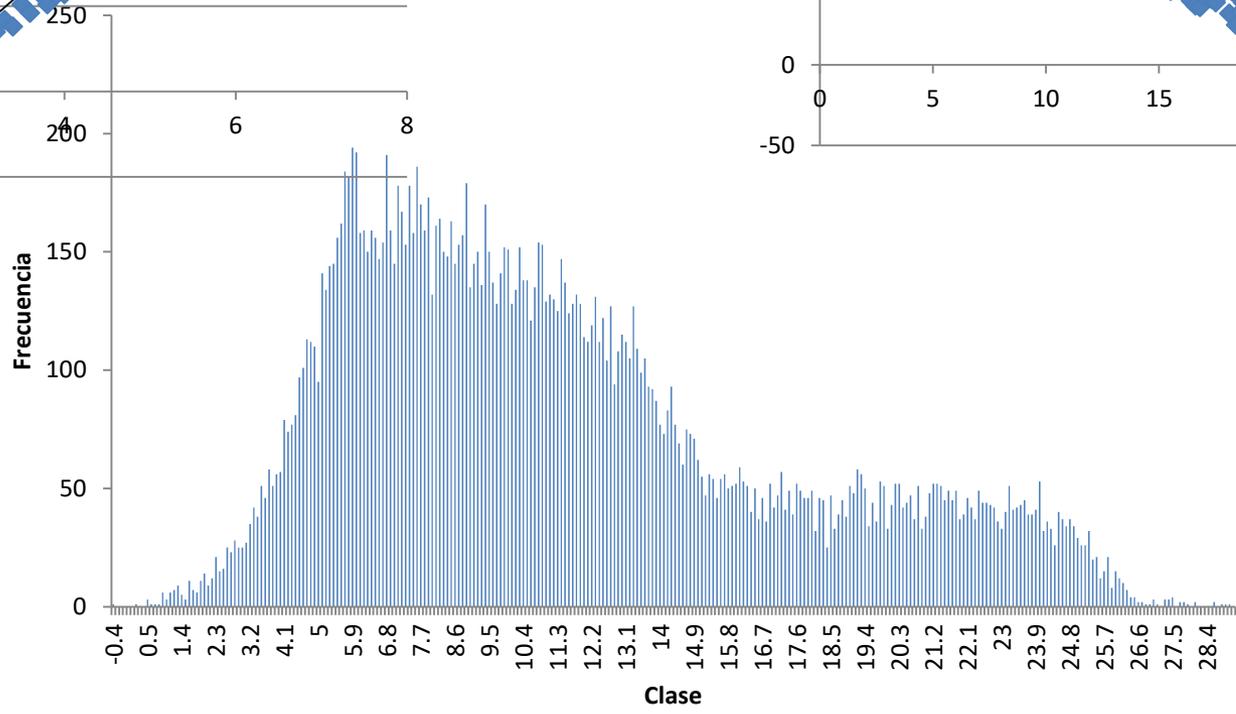
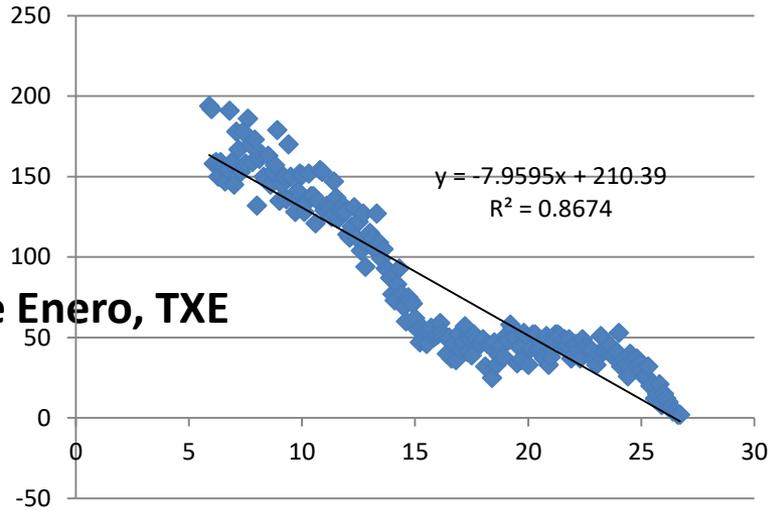
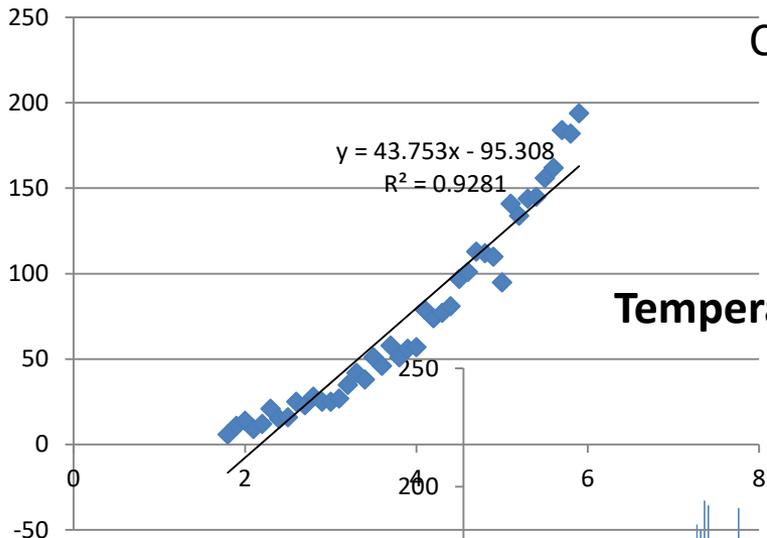
Estableciendo los perfiles
bioclimáticos de los ecosistemas

*Minimum temperature of the coldest month
July
Araucaria communities geographic distribution*



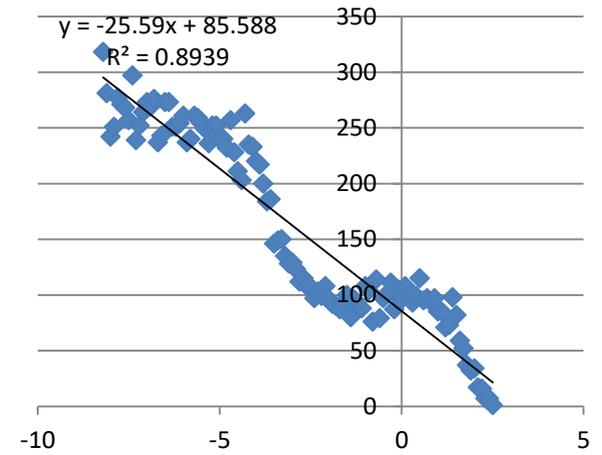
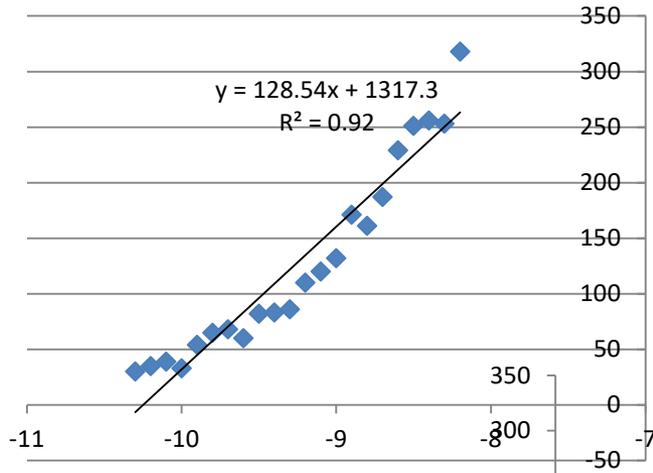
*Water deficit tolerated by
Araucaria communities*



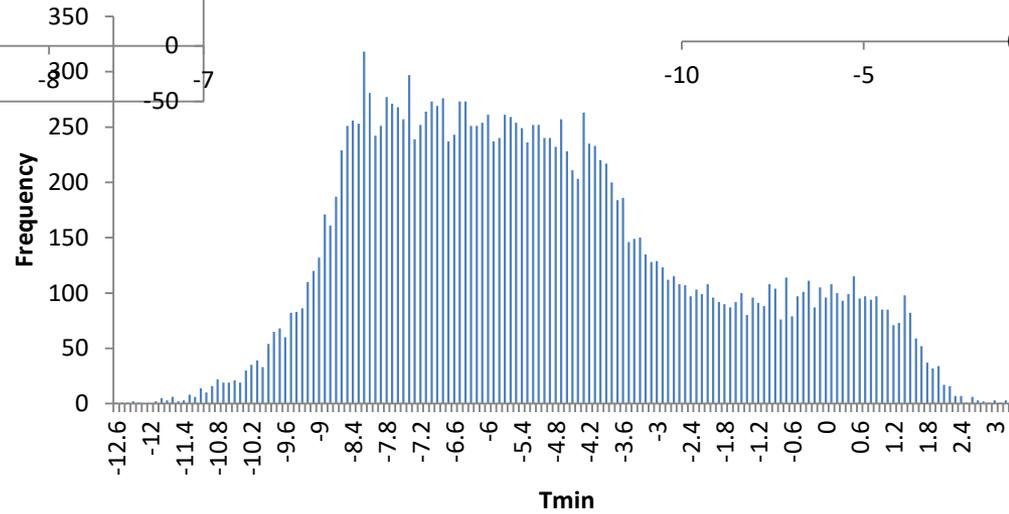


Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de *Adesmia hystrix* y *Ephedra breana*

Rigor del invierno

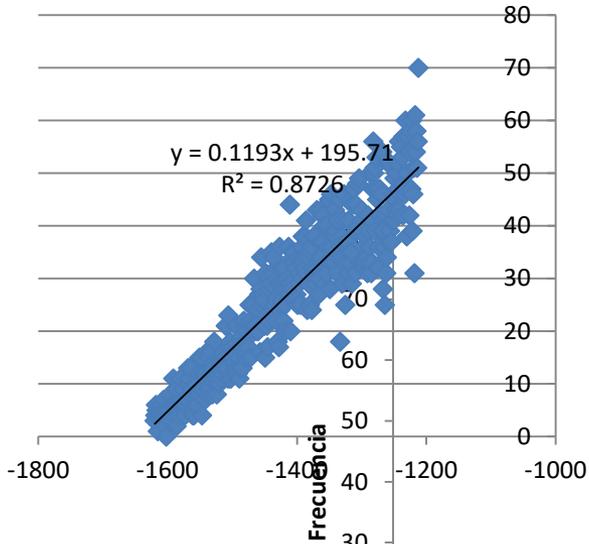


TNJ

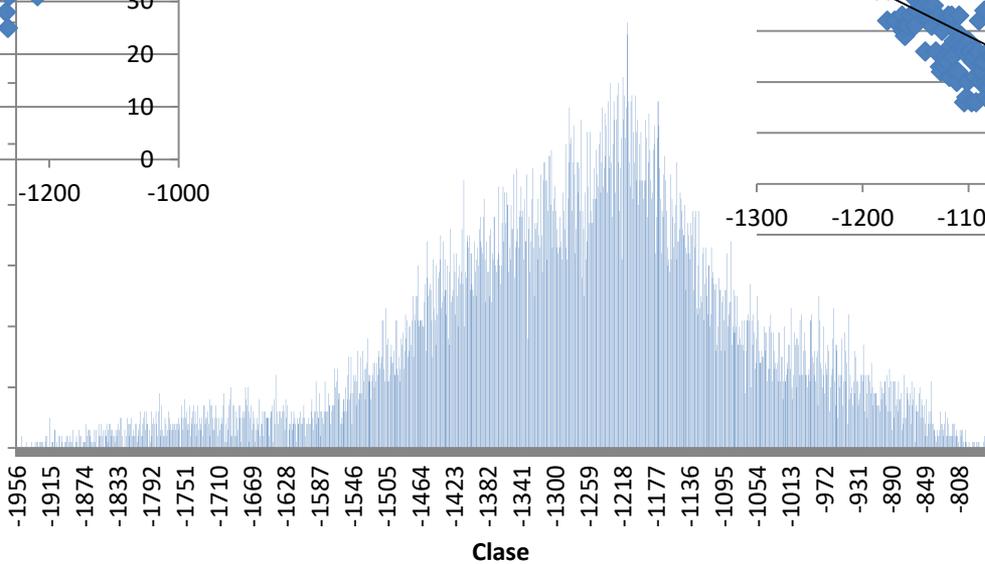
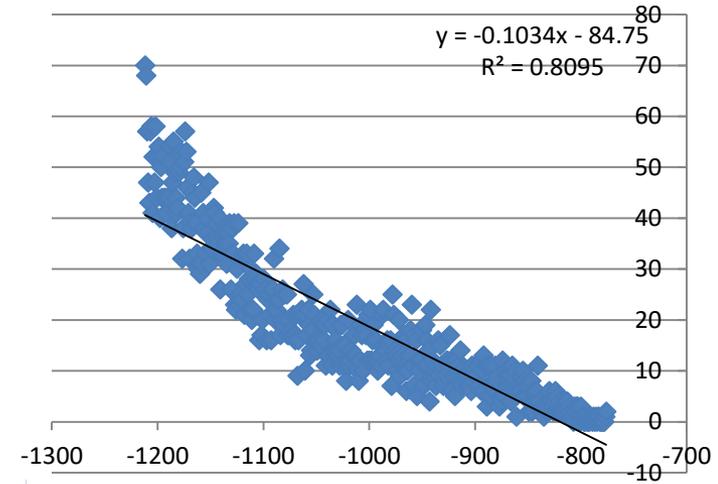


Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de *Adesmia hystrix* y *Ephedra breana*

Tolerancia a la aridez

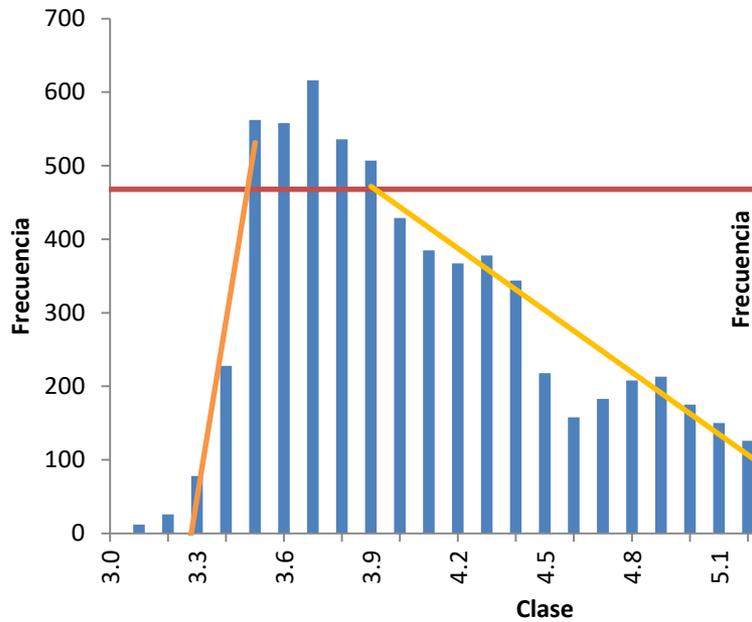


DefH

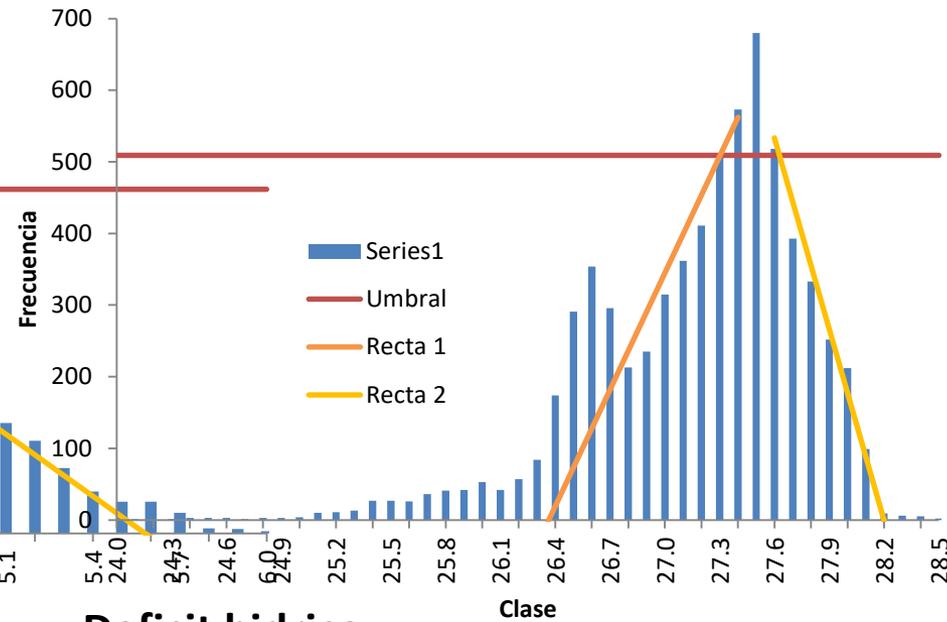


Matorral bajo tropical-mediterráneo andino de *Adesmia hystrix* y *Ephedra breana*

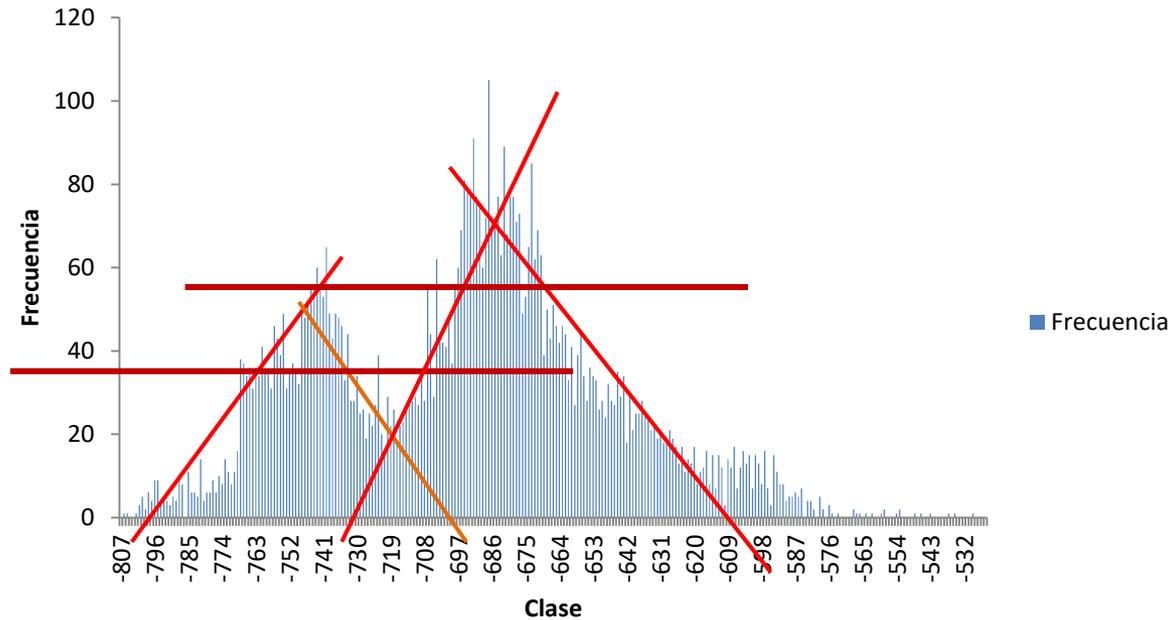
T mínima mes mas frio



T max mes mas cálido

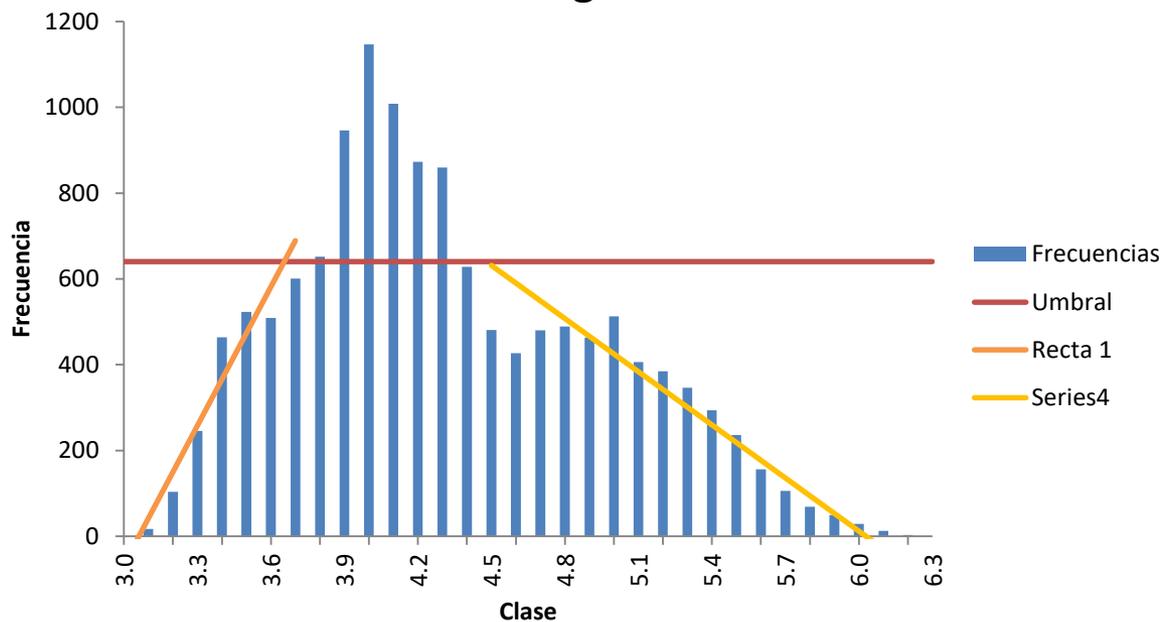


Deficit hidrico

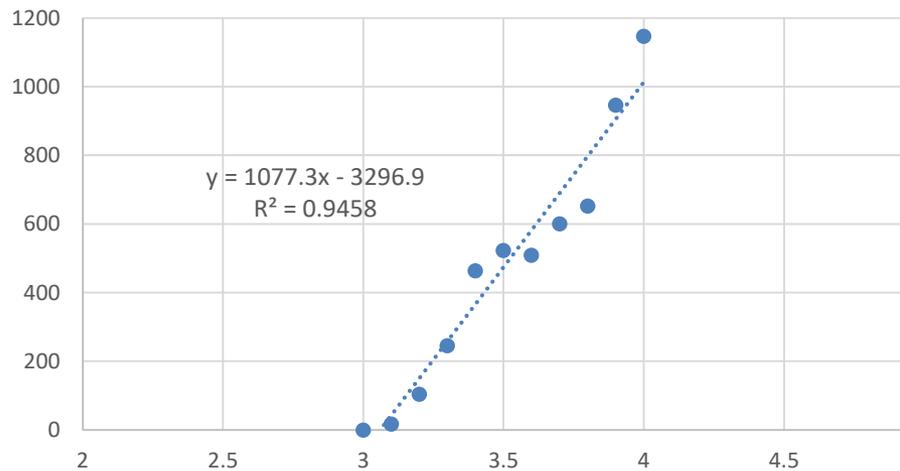


**Bosque
esclerofilo
mediterraneo**

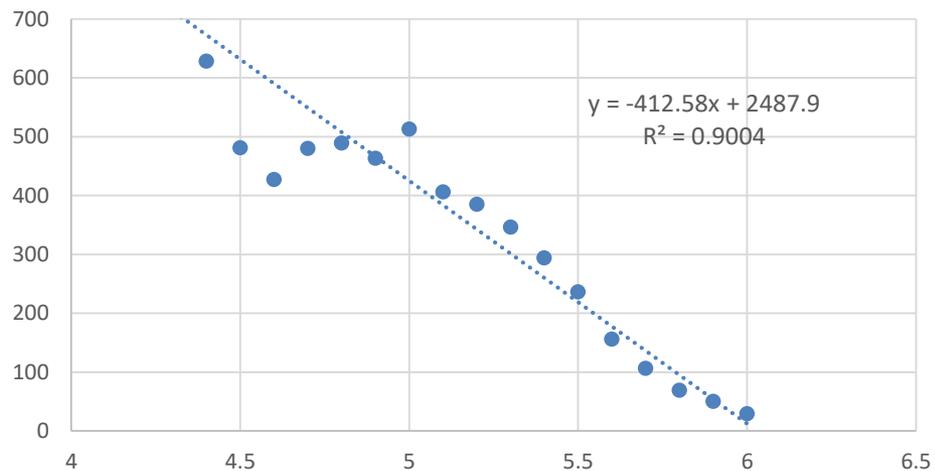
Histograma



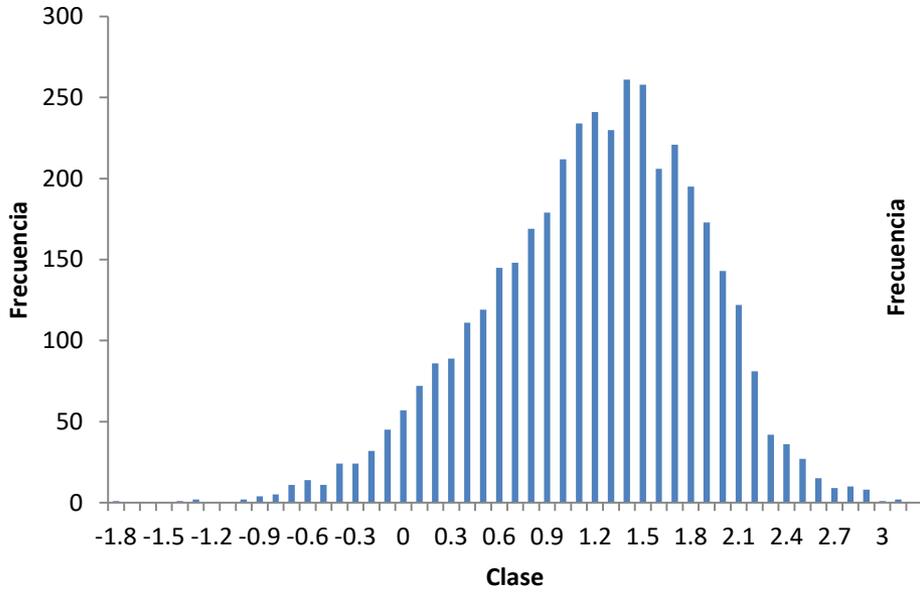
Infraoptimo



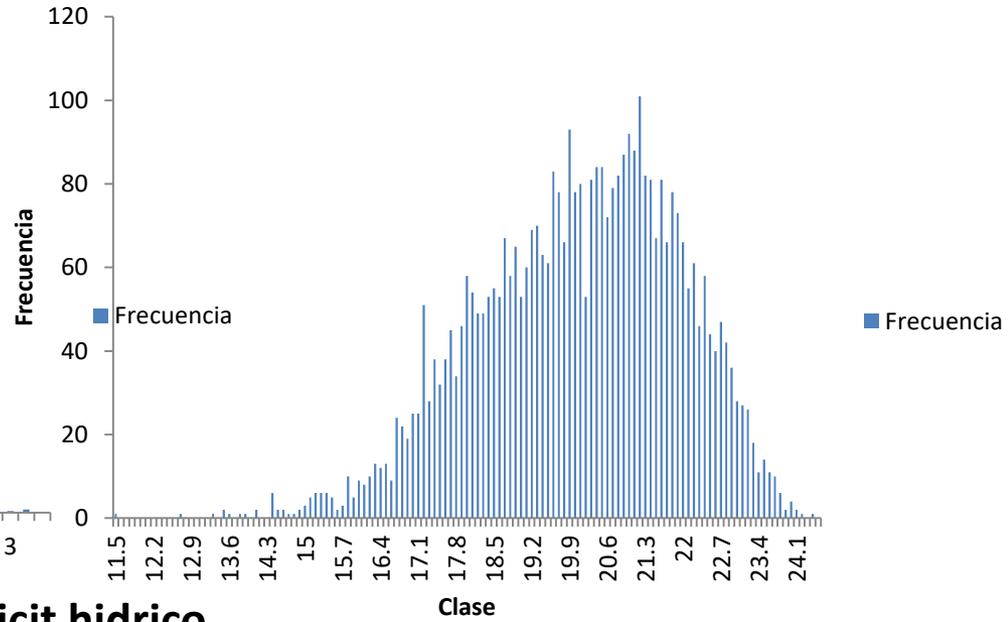
Supraoptimo



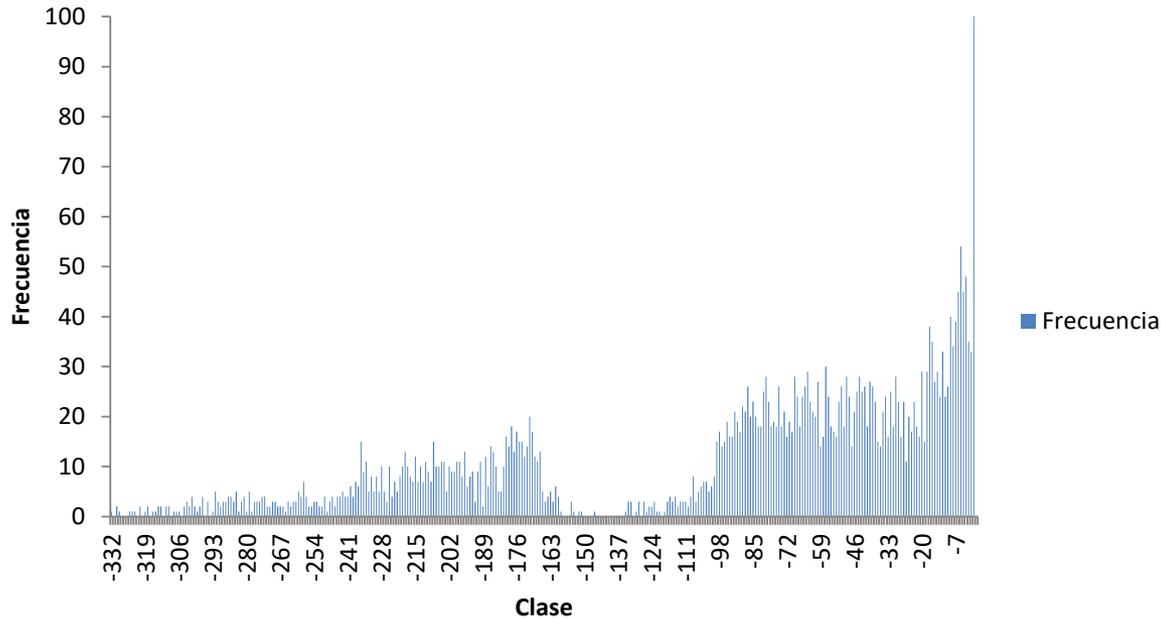
T min mes mas frio



T max mes mas cálido



Deficit hidrico



Bosque
caducifolio
Maulino

Perfil bioclimático de las formaciones

Formacion	T.Estival		T. Invernal		Reg. Aridez	
	TXEm	TXEM	TNJm	TNJM	Iam	IAM
Bosque caducifolio	11.6	29.7	-9.2	7.4	0.32	10.14,
Bosque esclerofilo	8.4	32.4	-6.1	8.2	0.13	1.60,
Bosque espinoso	9.3	33.2	-4.7	13.9	0.00	1.11,
Bosque laurifolio	16.9	26.0	0.1	6.4	1.18	6.74,
Bosque resinoso	15.0	25.7	-6.7	7.5	1.77	10.10,
Bosque siempreverde	10.1	23.8	-7.6	6.1	0.46	12.07,
Desierto absoluto	9.9	33.1	-4.1	14.1	0.00	0.07,
Estepas y pastizales	12.9	21.8	-8.0	0.4	0.28	1.91,
Herbazal de altitud	-3.0	22.3	-19.0	1.8	0.03	9.11,
Matorral arborescente	10.9	32.0	-9.7	8.2	0.12	5.74,
Matorral de altitud	-2.6	32.6	-18.6	5.4	0.00	11.63,
Matorral desertico	4.8	32.5	-11.2	9.3	0.00	0.20,
Matorral caducifolio	10.5	19.0	-8.1	2.7	0.48	8.61,
Matorral desertico	5.9	33.4	-8.2	13.5	0.00	0.26,
Matorral espinoso	25.6	32.0	2.3	7.2	0.15	0.36,
Matorral siempreverde	12.2	17.6	1.5	5.1	8.22	16.44,
Turbera	10.1	18.2	-5.0	3.5	0.73	18.55,

Escala del estrés bioclimático (1-d)

Nivel de estrés térmico	Rango
Muy leve	$E_h \leq 0,05$
Leve	$0,05 < ET \leq 0,1$
Bajo	$0,1 < ET \leq 0,2$
Moderado	$0,2 < ET \leq 0,4$
Alto	$0,4 < ET \leq 0,6$
Muy alto	$0,6 < ET \leq 0,8$
Extremadamente alto	$ET > 0,8$

ID	PISO	Superficie	Superficie afectada según nivel de estrés							
			O	ML	L	B	M	A	MA	EA
1	Desierto tropical costero con vegetacion escasa	2568	0	2208	0	0	359	0	0	0
2	Desierto tropical interior con vegetacion escasa	55284	157	55128	0	0	0	0	0	0
3	Matorral desertico tropical interior de Atriplex atacamensis y	8944	3308	5523	0	114	0	0	0	0
4	Matorral desertico tropical interior Malesherbia auristipulata	547	273	266	8	0	0	0	0	0
5	Matorral desertico tropical costero de Nolana adansonii y N. l	847	0	590	0	0	0	257	0	0
6	Matorral desertico tropical costero de Ephedra breana y Eulyc	3416	0	2497	0	58	861	0	0	0
7	Matorral desertico mediterraneo costero Copiapoa boliviana y	1245	0	1049	164	31	0	0	0	0
8	Matorral desertico mediterraneo costero de Heliotropium ere	34	0	0	19	14	0	0	0	0
9	Matorral desertico mediterraneo costero de Gypothamnium ç	791	0	303	469	18	0	0	0	0
10	Matorral desertico mediterraneo costero de Euphorbia lactiflu	727	0	158	223	345	0	0	0	0
11	Matorral desertico mediterraneo costero de Euphorbia lactiflu	2583	0	257	1979	347	0	0	0	0
12	Matorral desertico mediterraneo interior de Oxyphyllum ulicir	1914	0	707	1098	110	0	0	0	0
13	Matorral desertico mediterraneo costero de Heliotropium flor	1651	0	144	1507	0	0	0	0	0
14	Matorral desertico mediterraneo costero de Oxalis gigantea y	745	0	0	274	471	0	0	0	0
15	Matorral desertico mediterraneo interior de Skytanthus acutu	18292	0	7820	10424	48	0	0	0	0
16	Matorral desertico tropical interior de Huidobria chilensis y Nc	1282	21	916	345	0	0	0	0	0
17	Matorral desertico mediterraneo costero de Oxalis gigantea y	2941	0	0	2674	267	0	0	0	0
18	Matorral desertico mediterraneo interior de Adesmia argente	12609	0	0	5308	7301	0	0	0	0
19	Matorral desertico mediterraneo interior de Heliotropium ste	4628	0	0	857	3771	0	0	0	0
20	Matorral desertico mediterraneo interior de Flourensia thurife	7084	0	0	263	6821	0	0	0	0
21	Matorral desertico mediterraneo costero de Bahia ambrosioic	1087	0	0	229	779	79	0	0	0
22	Matorral bajo desertico tropical interior de Adesmia atacamer	24438	9653	14574	211	0	0	0	0	0
23	Matorral bajo desertico tropical andino de Atriplex imbricata y	14981	11125	2913	943	0	0	0	0	0
24	Matorral bajo desertico tropical interior de Nolana leptophylla	12209	306	8234	3502	35	132	0	0	0
25	Matorral bajo desertico tropical-mediterraneo andino de Atrip	10179	4481	4084	1614	0	0	0	0	0
26	Matorral bajo desertico mediterraneo andino de Senecio prot	3635	0	7	767	2861	0	0	0	0
27	Matorral espinoso mediterraneo interior de Trevoa quinquine	2003	0	0	20	1984	0	0	0	0



Universidad de Chile

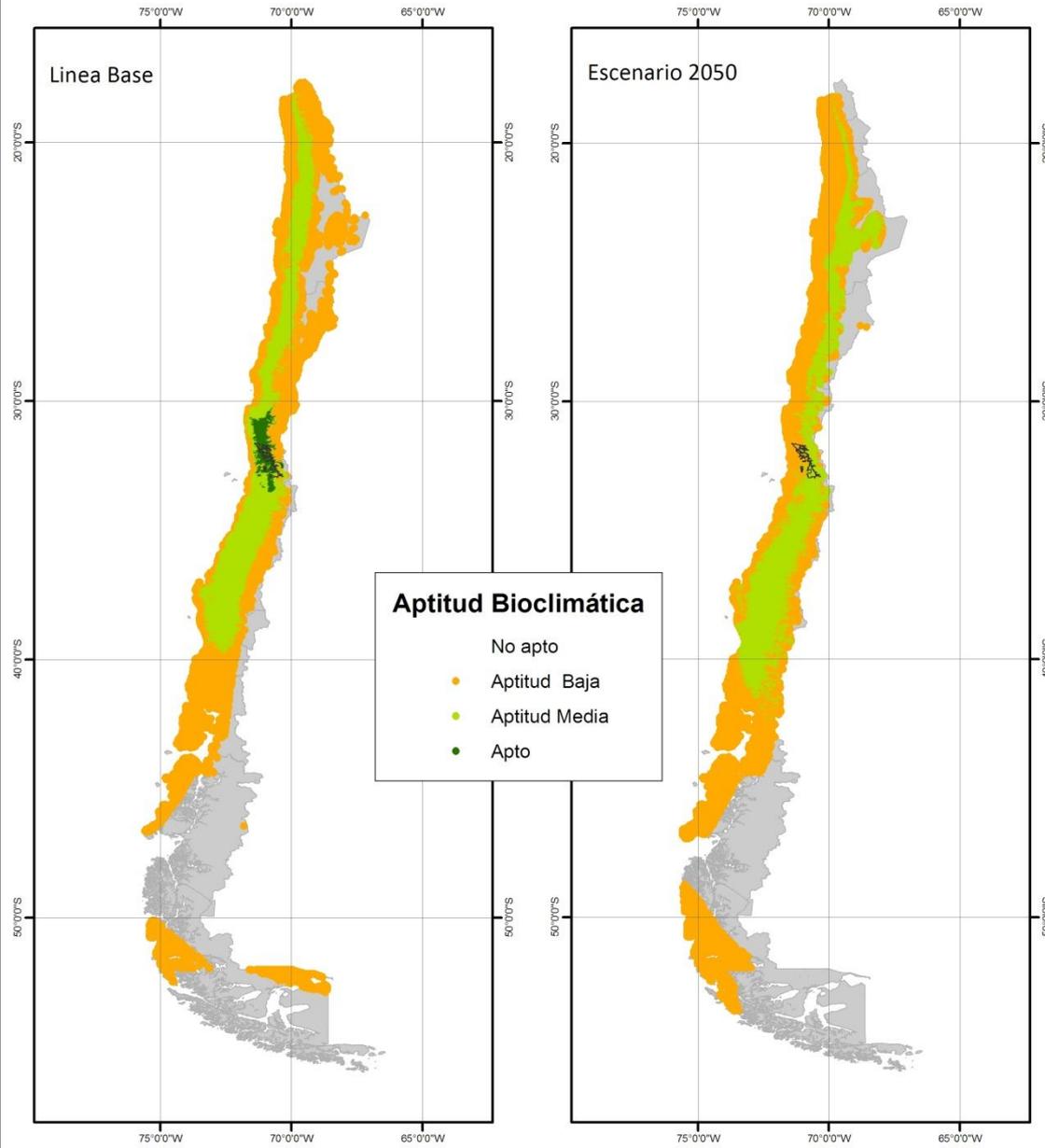
Zonas Potenciales Climaticas

Matorral Espinoso



AGRIMED

Centro de Agricultura
y Medio Ambiente





Universidad de Chile

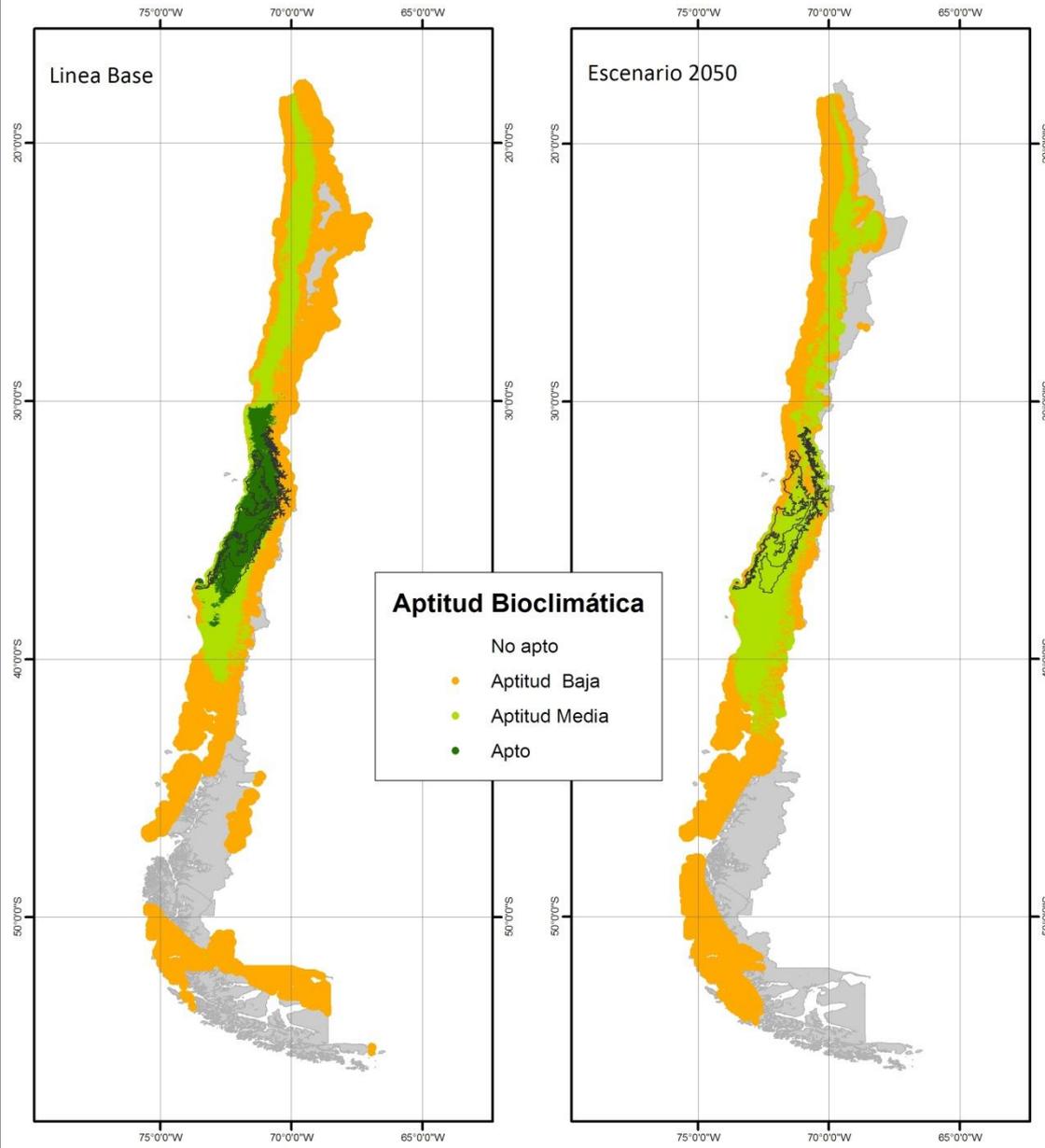
Zonas Potenciales Climaticas

Bosque Esclerofilo



AGRIMED

Centro de Agricultura
y Medio Ambiente





Universidad de Chile

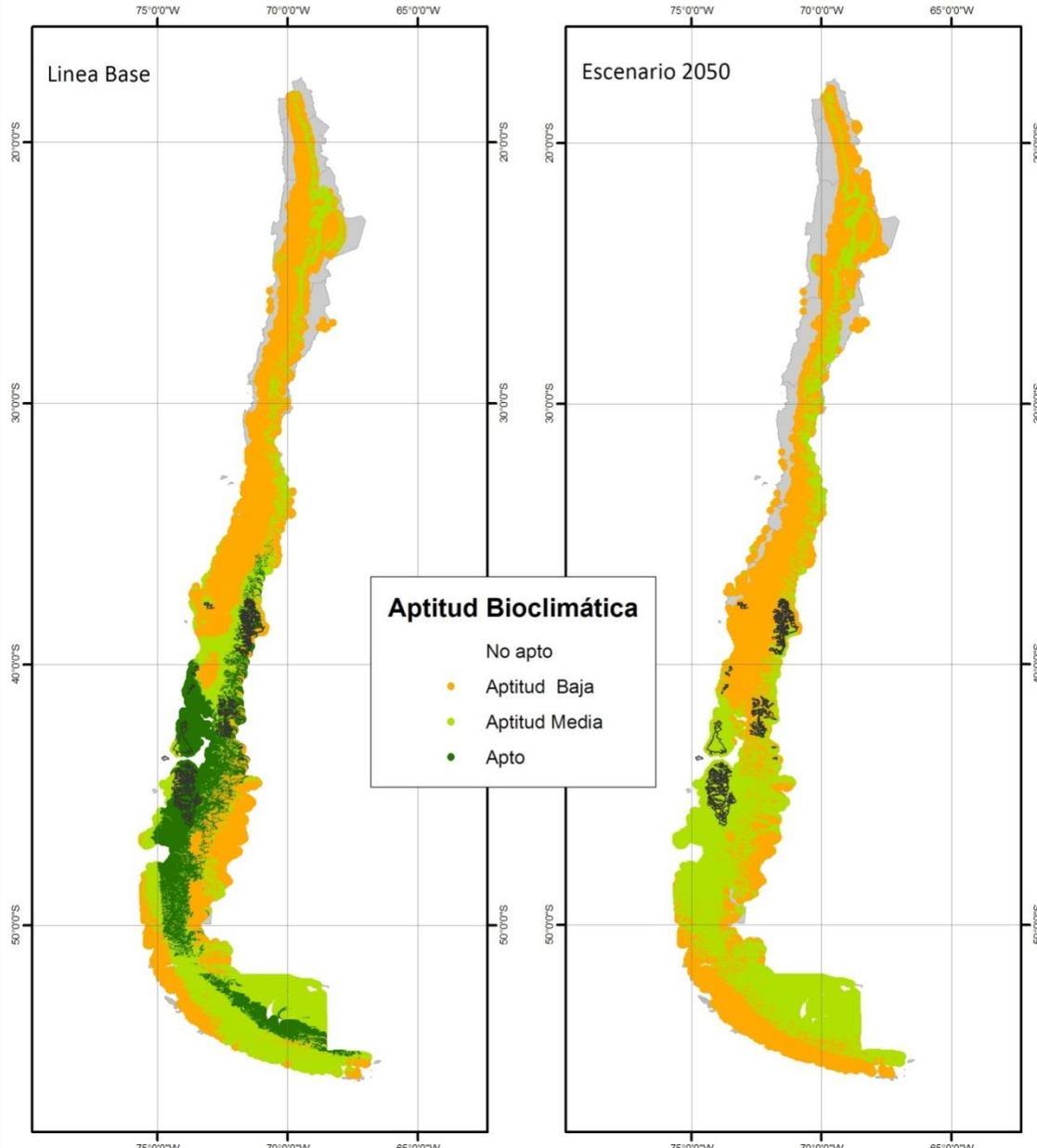
Zonas Potenciales Climaticas

Bosque Resinoso

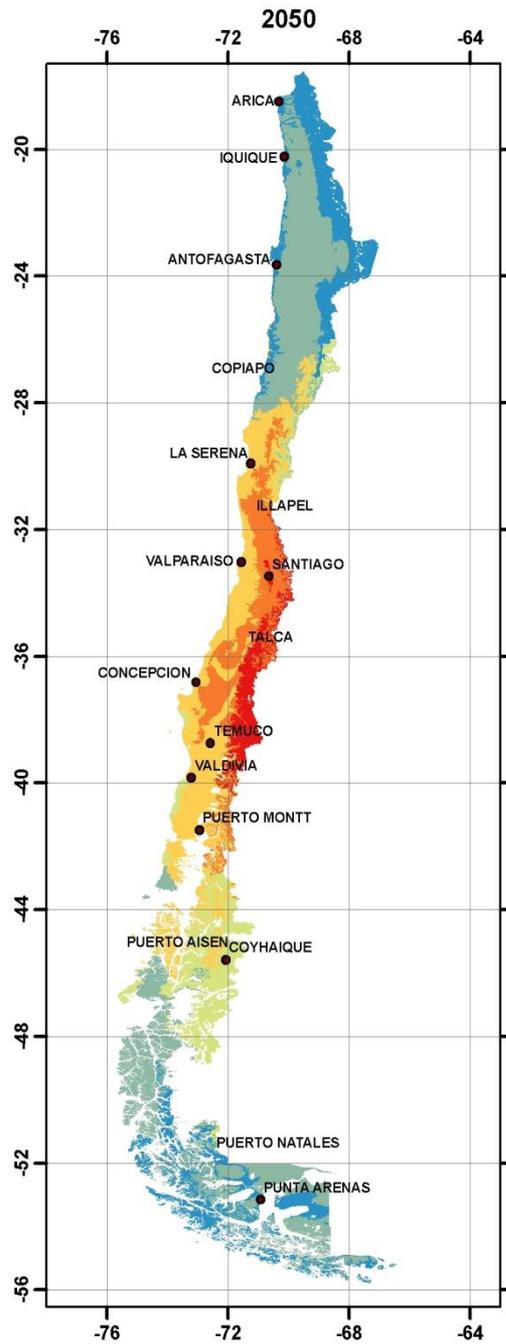
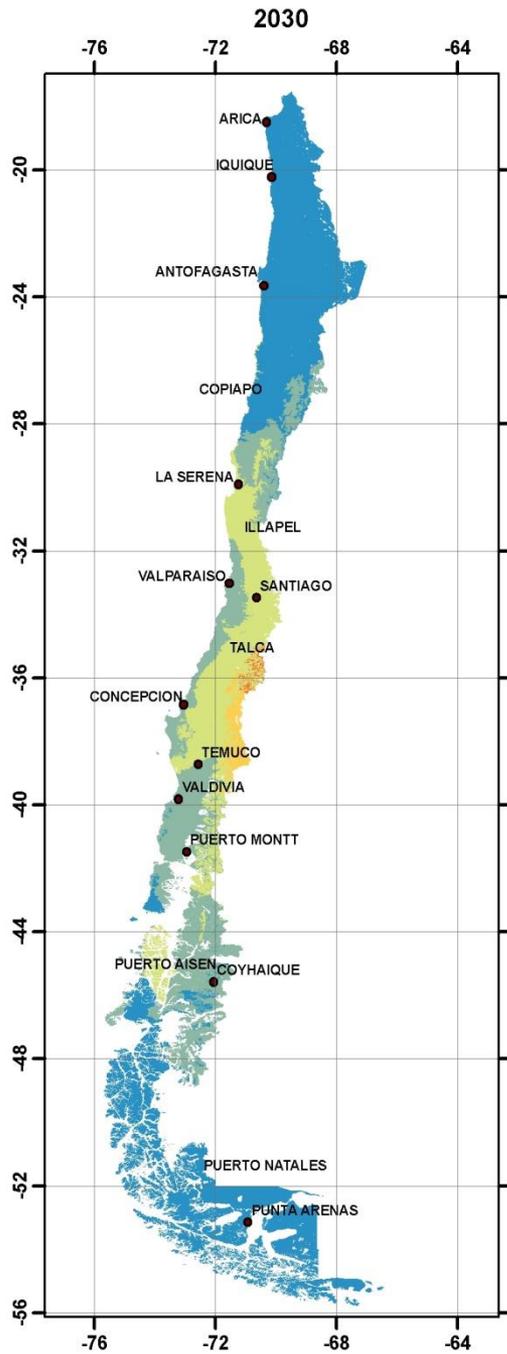


AGRIMED

Centro de Agricultura
y Medio Ambiente



ÍNDICE DE ESTRÉS INTEGRADO



Universidad de Chile



AGRIMED

Centro de Agricultura
y Medio Ambiente



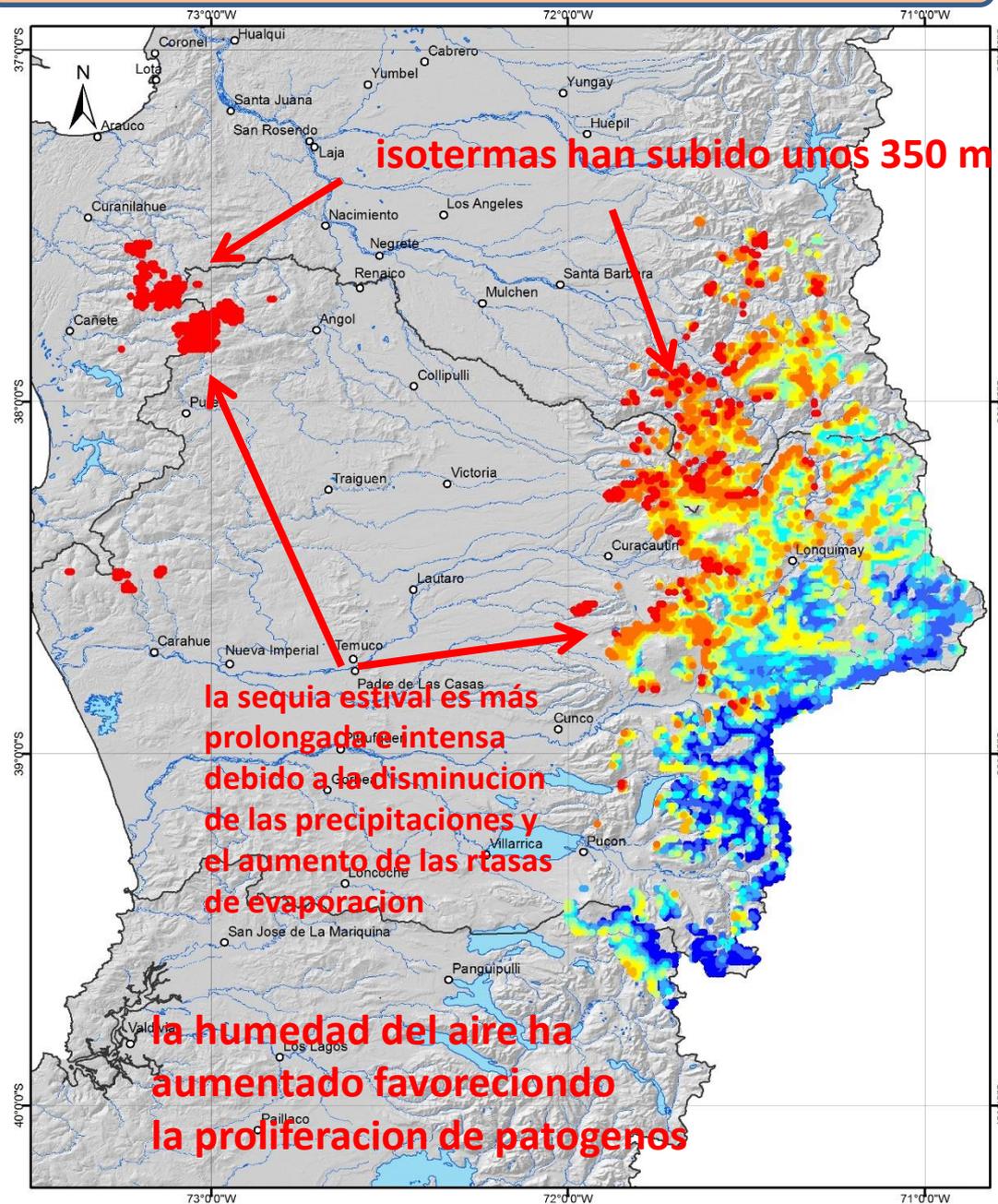
Escala del índice de Estrés Integrado



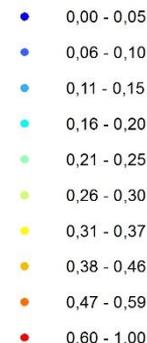
Factores del estrés en comunidades de Araucarias



Universidad de Chile



Estrés Bioclimático

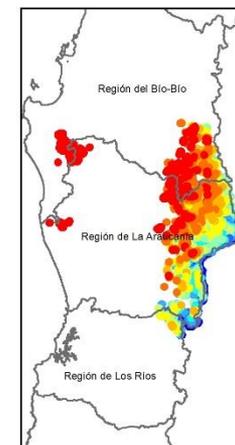


○ Ciudades

— Ríos

■ Cuerpos de agua

□ Límite regional



Supuestos de este procedimiento:

La distribución actual de un ecosistema está en sintonía con sus rangos de tolerancia bioclimática.

Los cambios climáticos podrían gatillar la regresión ecológica de un ecosistema cuando al menos una variable se escape del rango actual.

Los servicios ecosistémicos podrían deteriorarse proporcionalmente al aumento del estrés de los ecosistemas

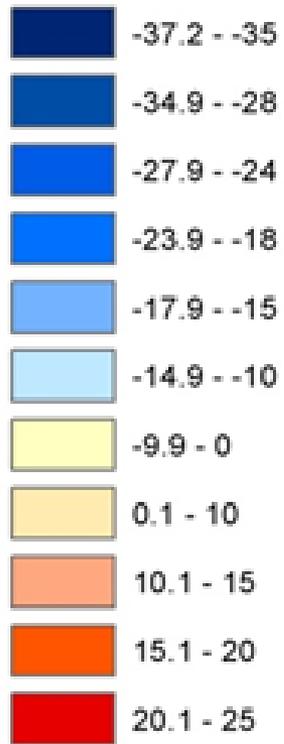
Factores de incertidumbre.

Los mayores factores de incertidumbre radican en la interpretación de las reacciones biológicas frente a los estreses bioclimáticos. Si bien existe cierta certeza en la magnitud de los cambios climáticos esperados, la respuestas adaptativas de los sistemas biológicos a estos cambios permanecen en el campo de la incerteza.

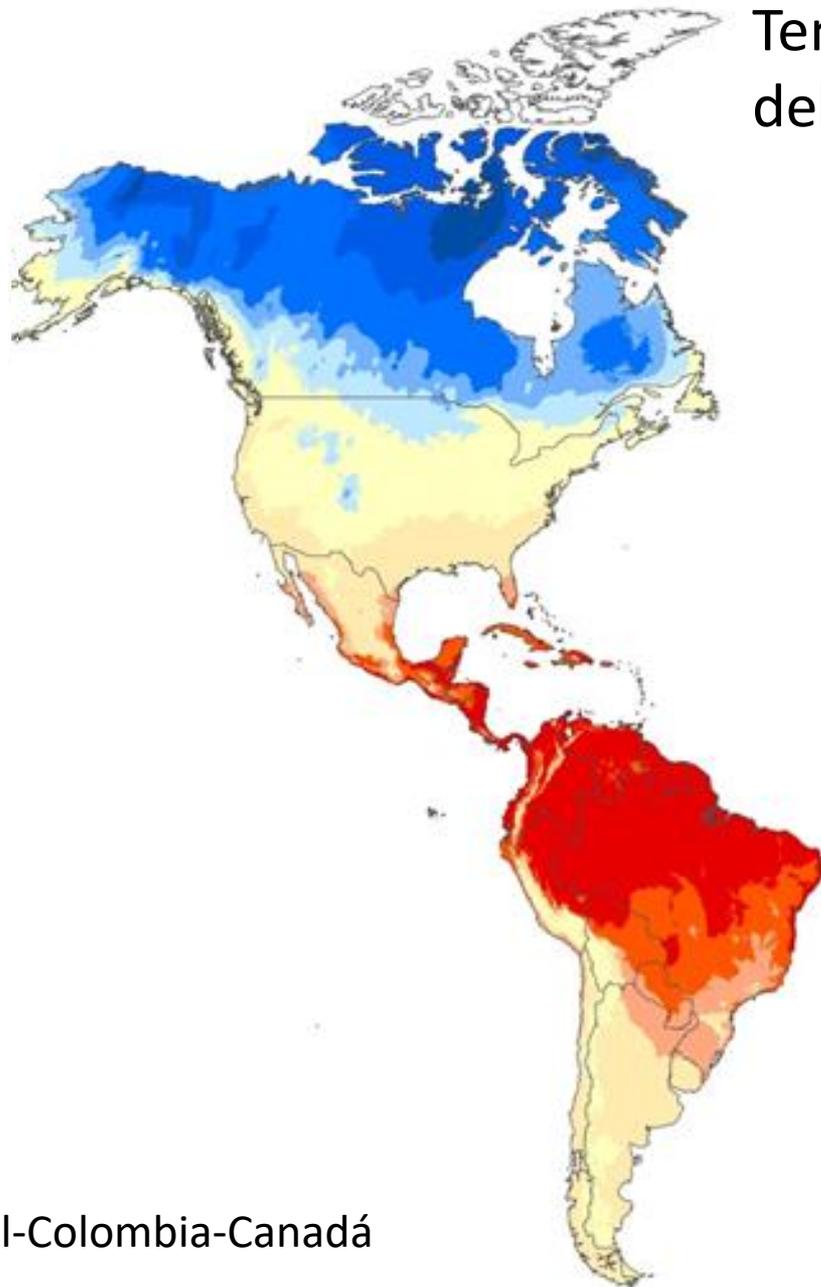
Una mirada a nuestra América

RCP 8.5 2070

T(°C)



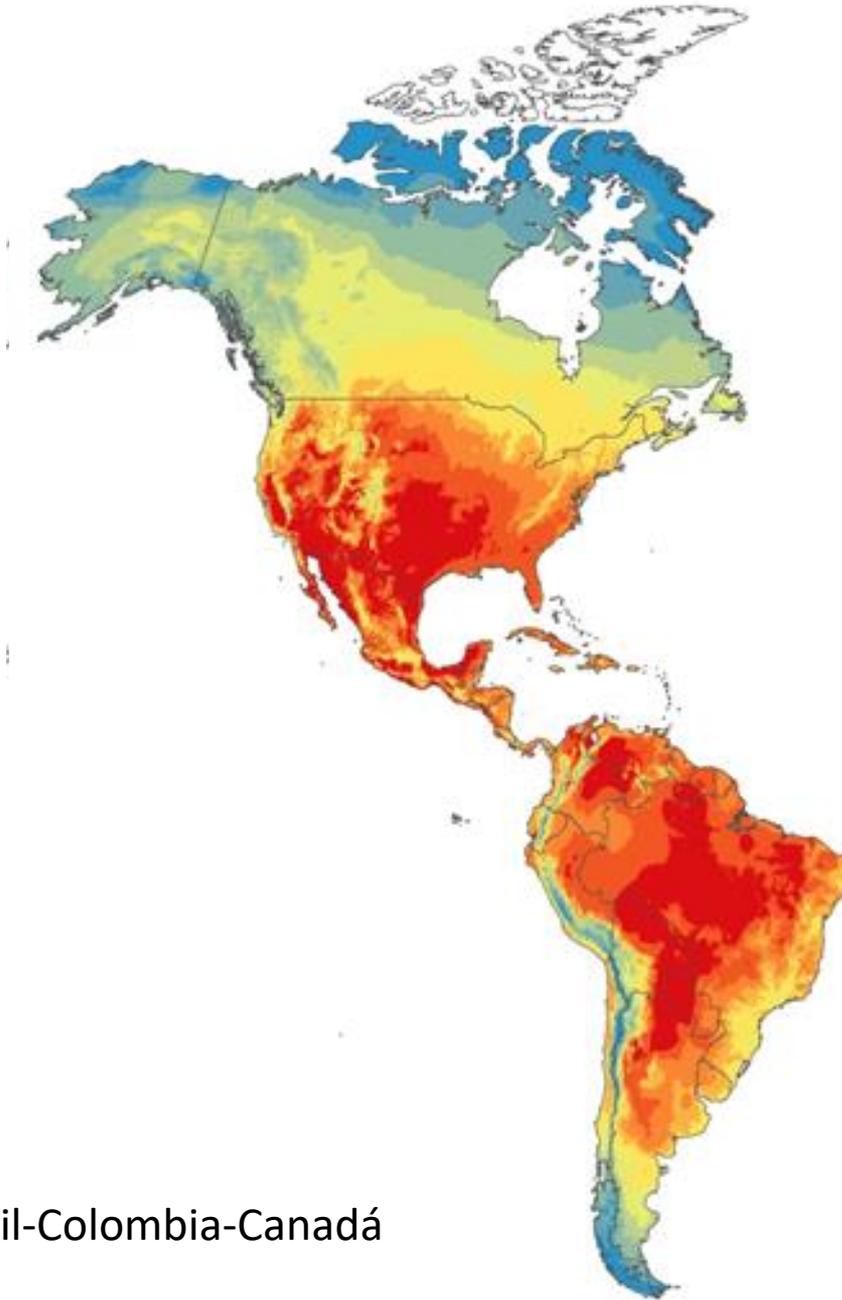
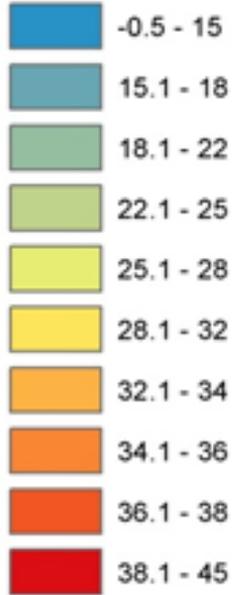
Temperatura mínima del mes mas frio



Proyecto VACEA
Chile-Argentina-Brasil-Colombia-Canadá

RCP 8.5 2070

T(°C)



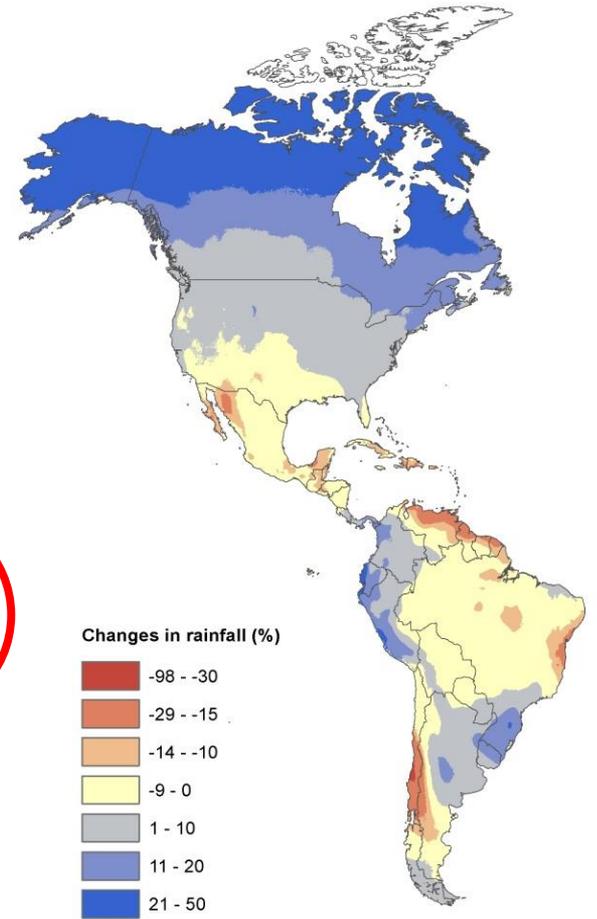
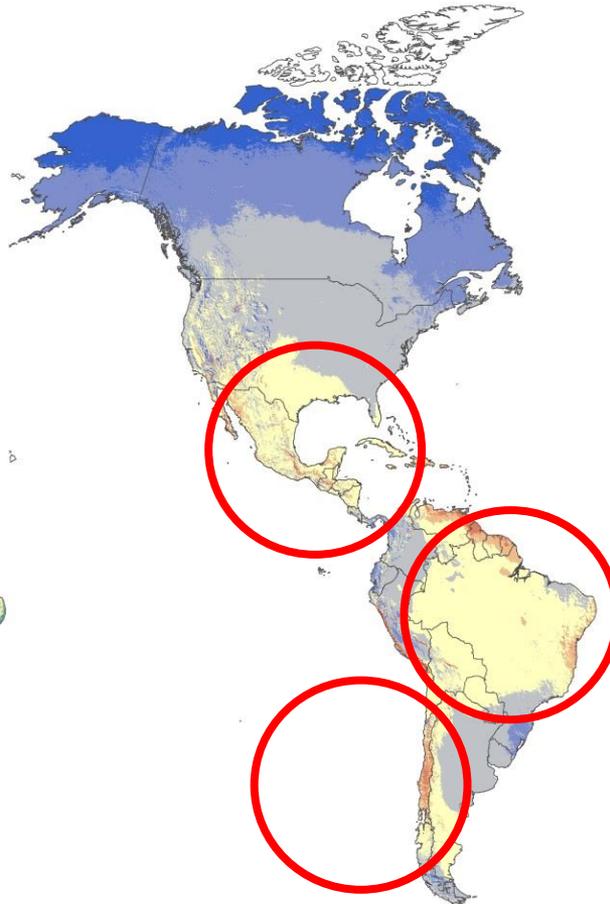
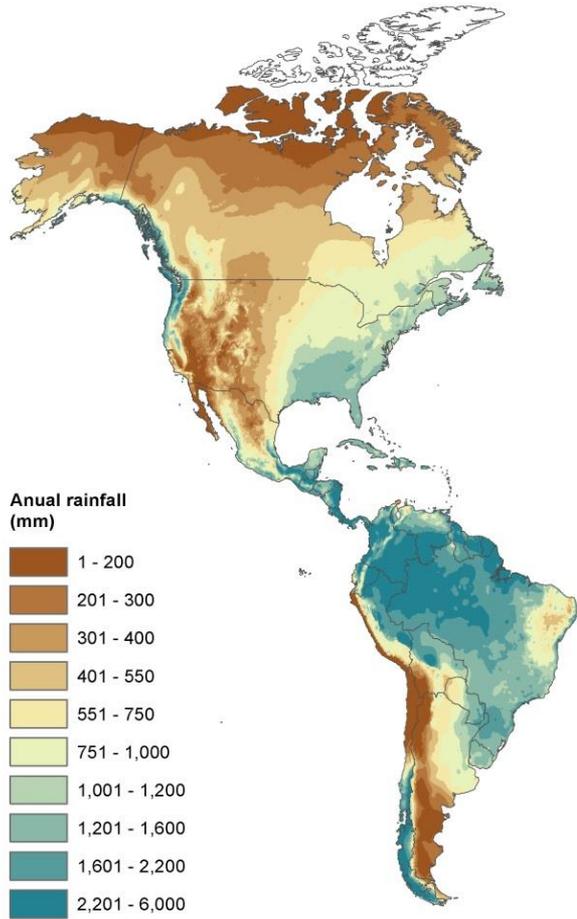
Temperatura
máxima del
mes mas cálido

Proyecto VACEA
Chile-Argentina-Brasil-Colombia-Canadá

ANUAL RAINFALL 1980-2010

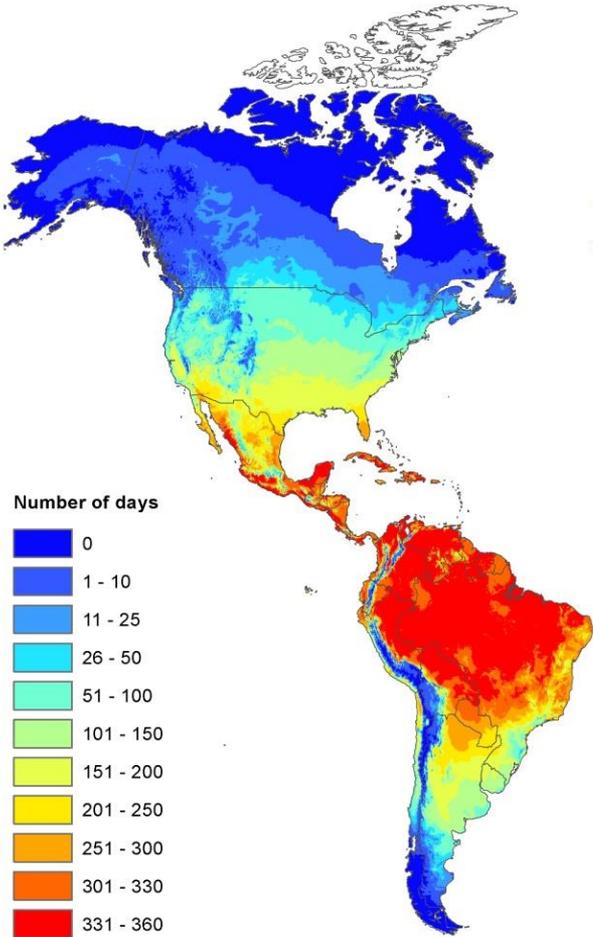
ANUAL RAINFALL
EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2050

EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2070

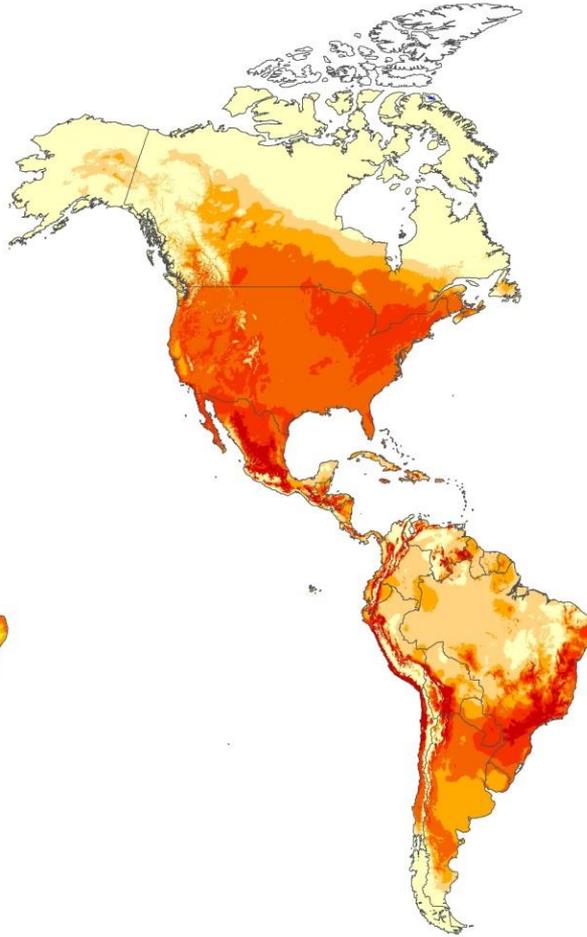


ANUAL HOT DAYS (T >25°C)

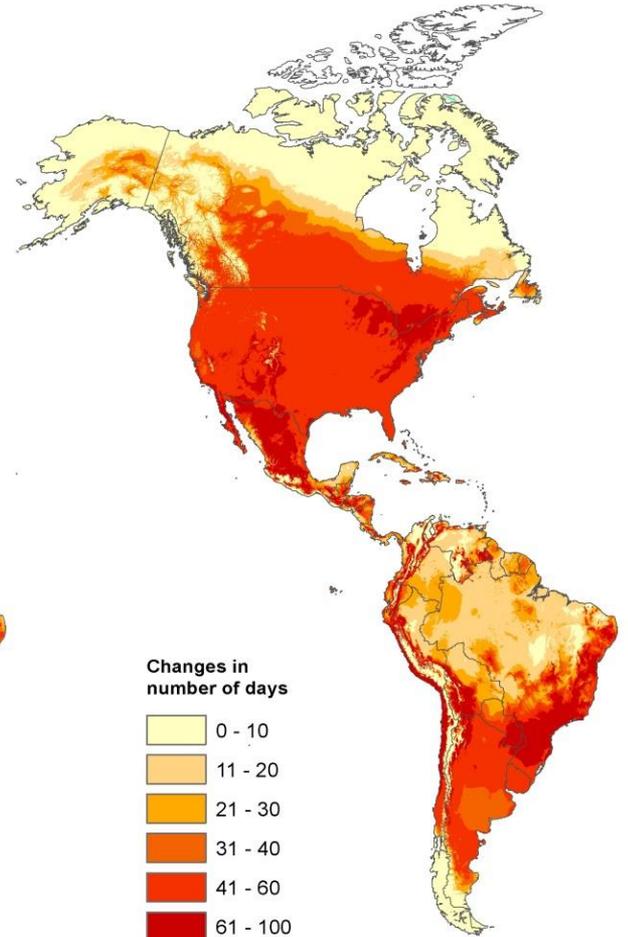
ANUAL HOT DAYS 1980-2010



EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2050

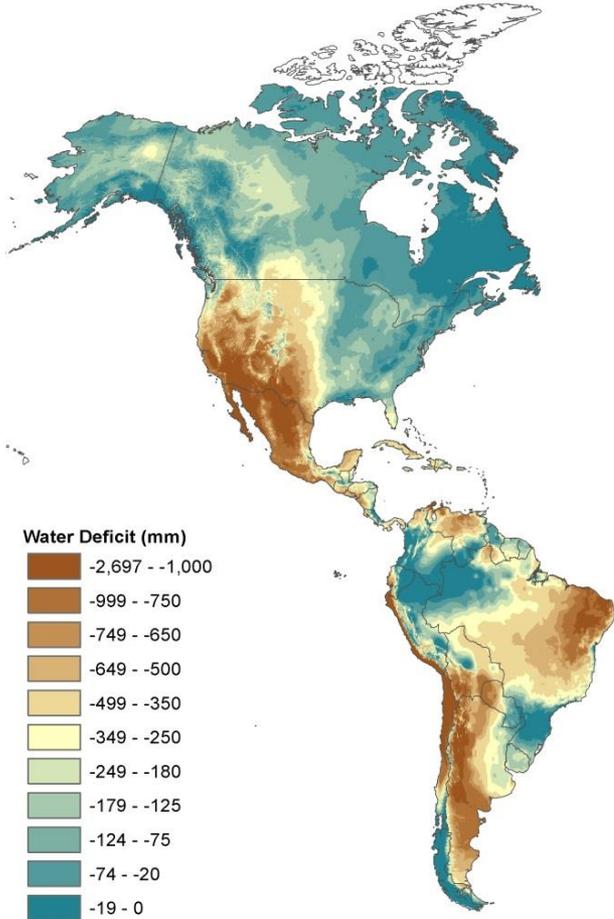


EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2070

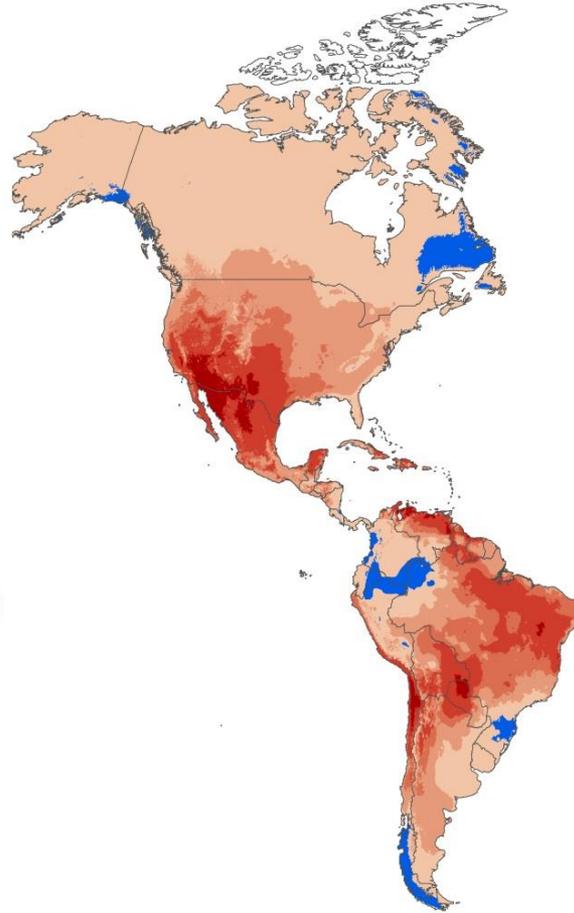


WATER DEFICIT

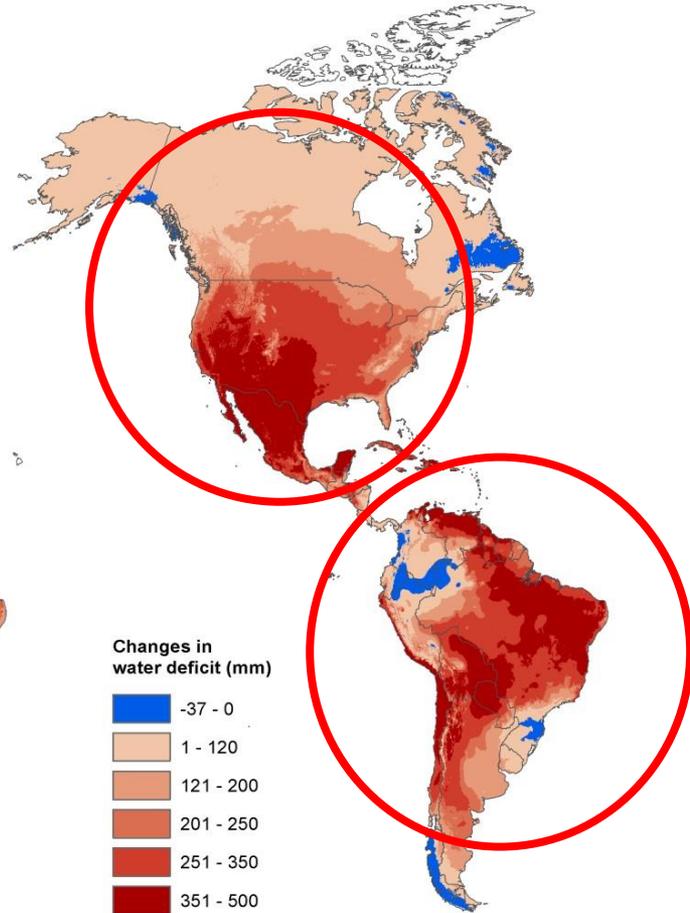
WATER DEFICIT 1980-2010



EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2050



EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2070

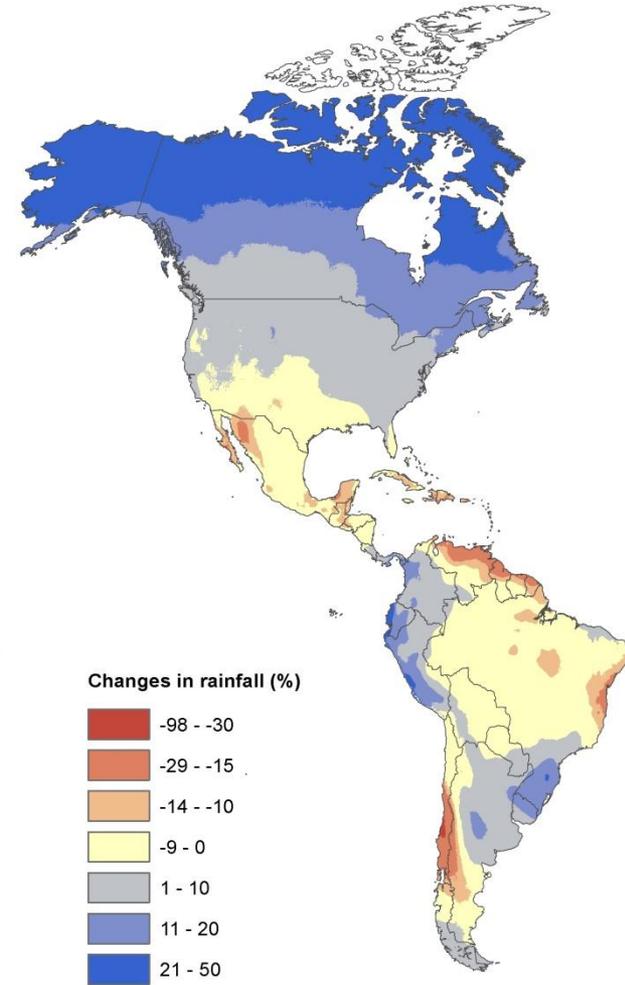
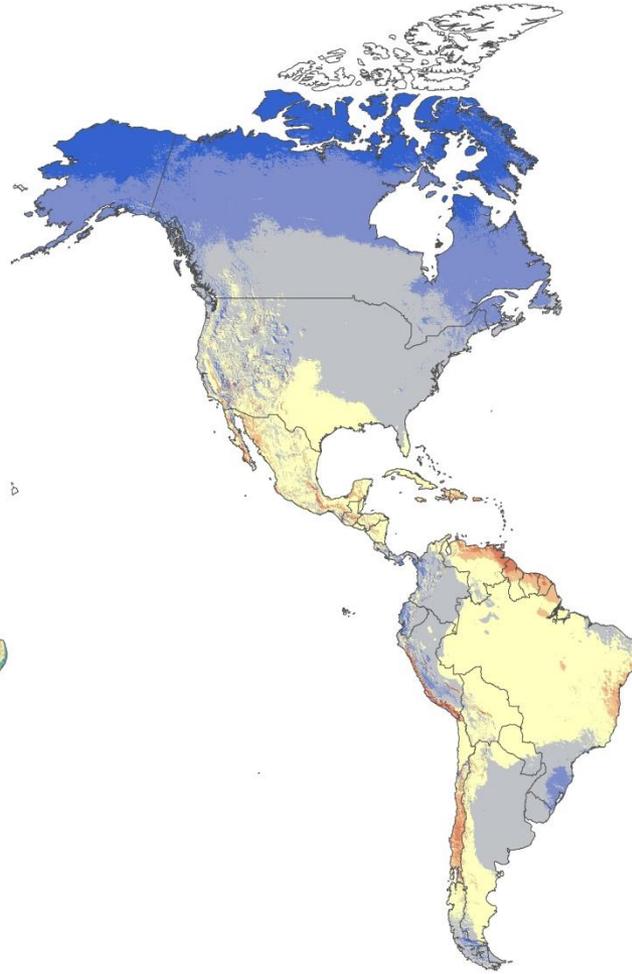
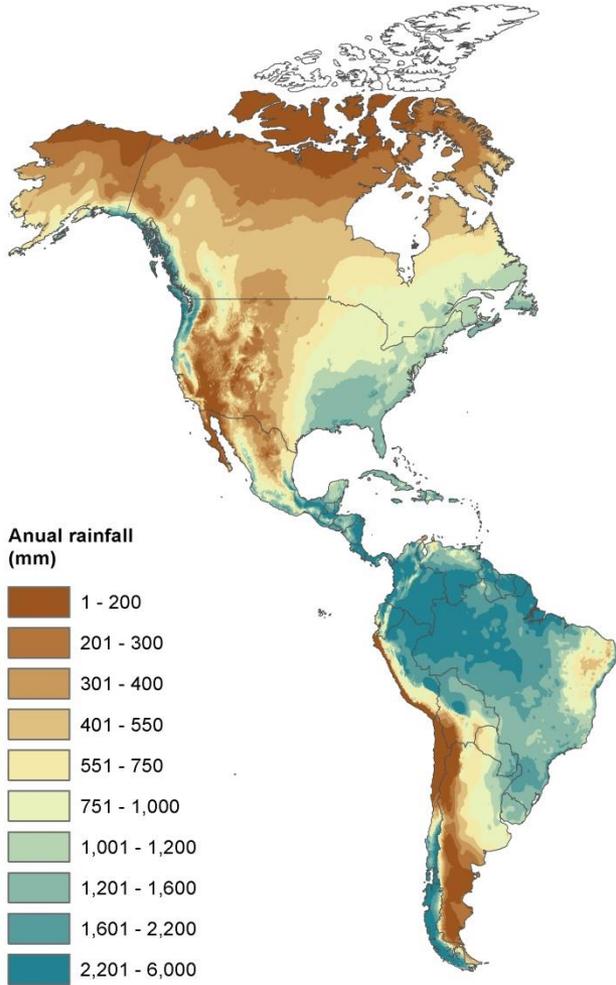


ANUAL RAINFALL

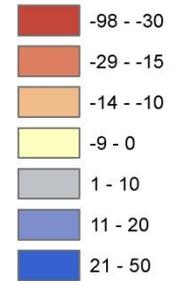
ANUAL RAINFALL 1980-2010

EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2050

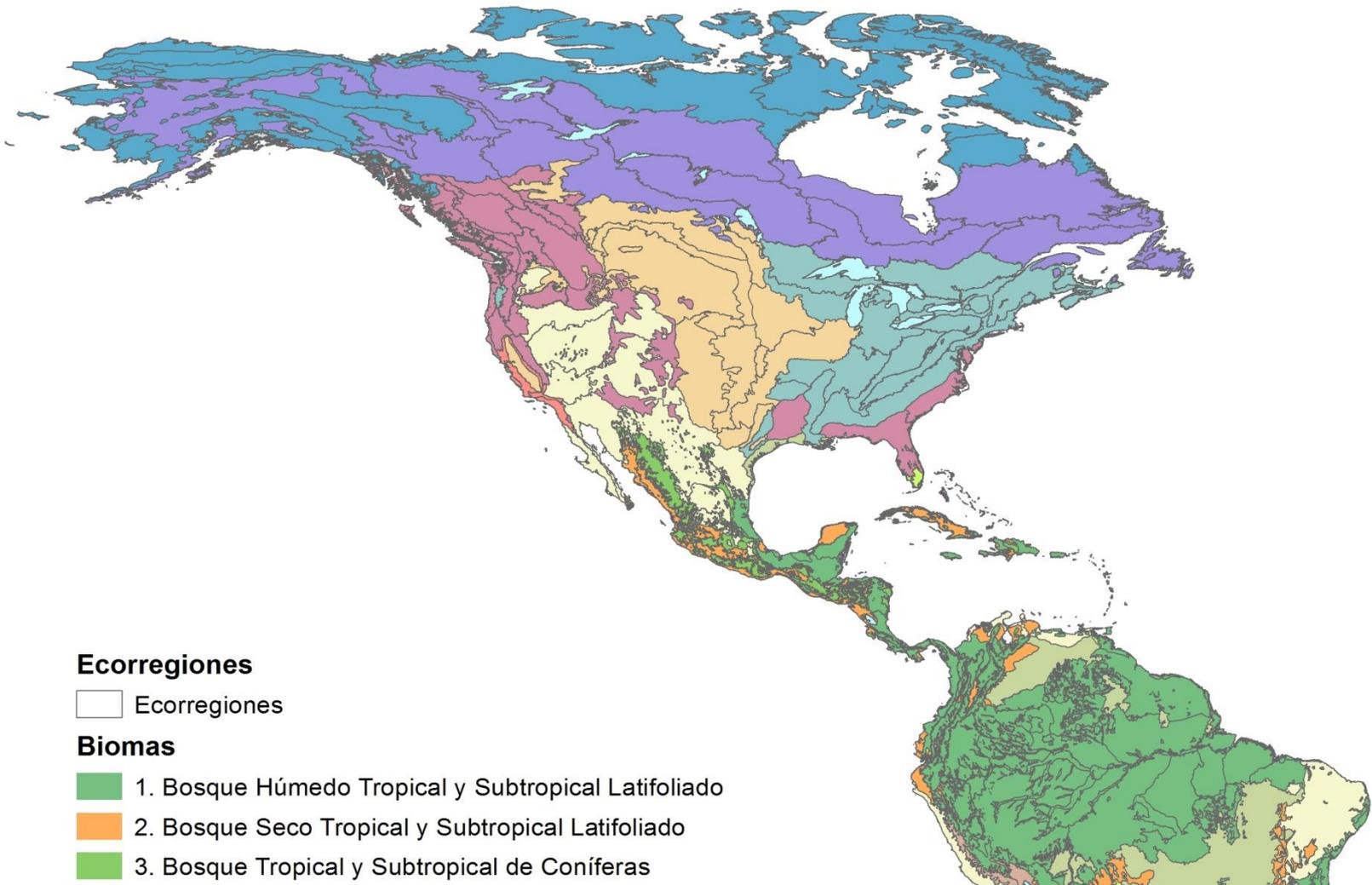
EXPECTED CHANGES RCP 8.5 2070



Changes in rainfall (%)

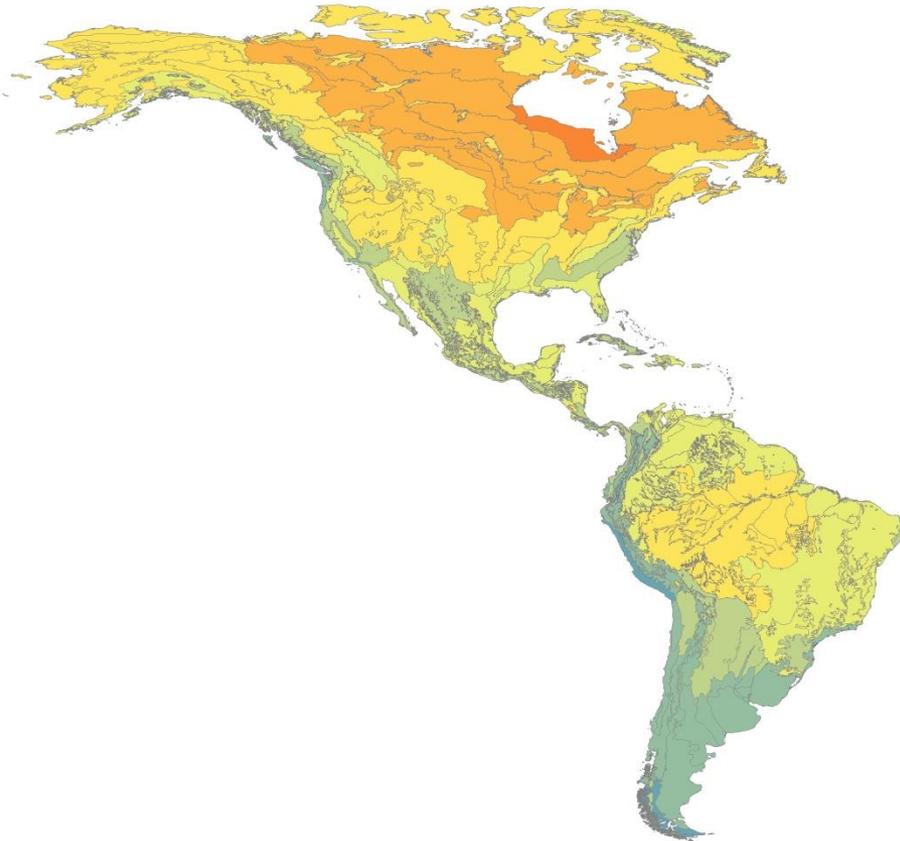


Biomas y Ecorregiones de América

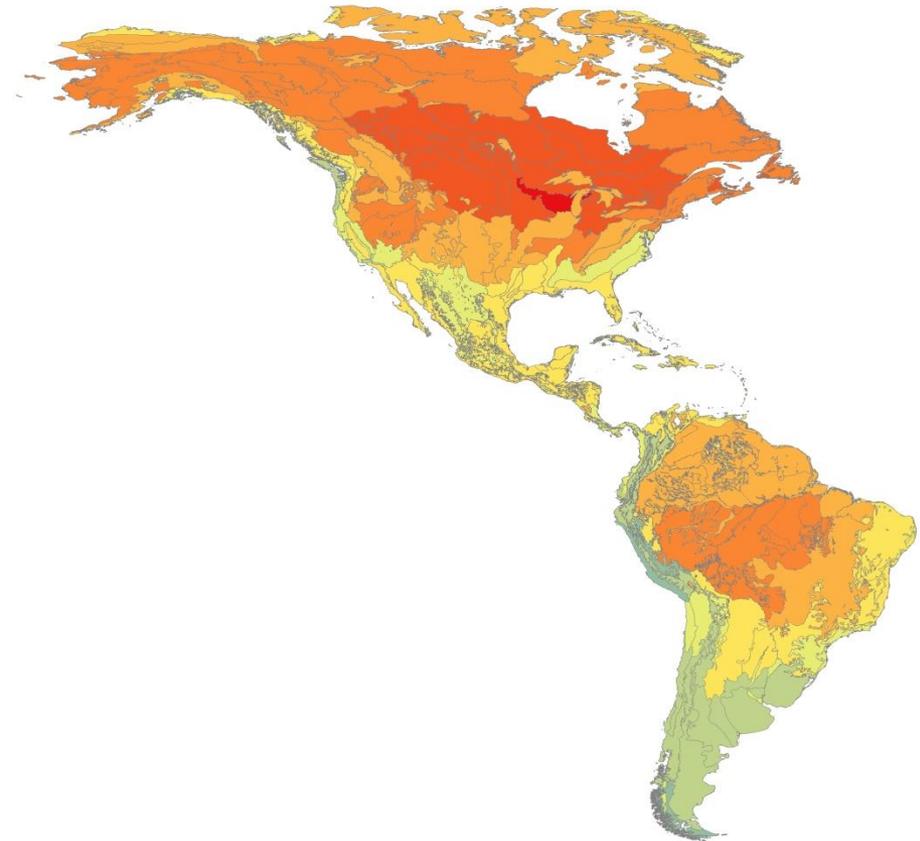


Estrés Bioclimático de las Ecorregiones de América

RCP 8.5 2050



RCP 8.5 2070



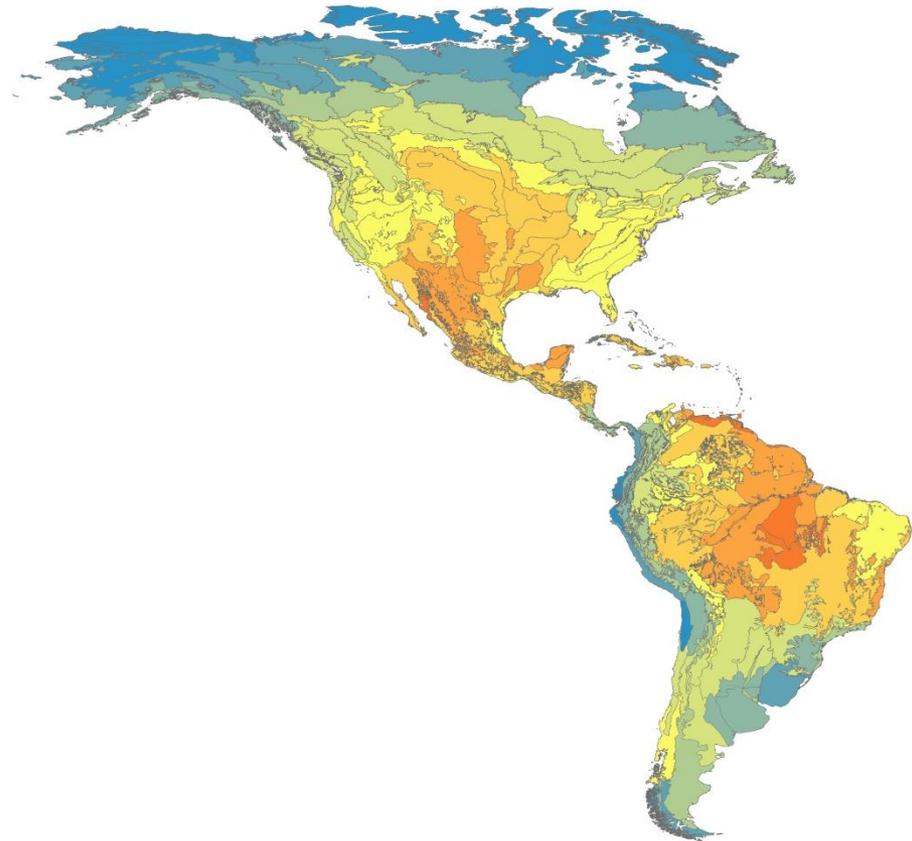
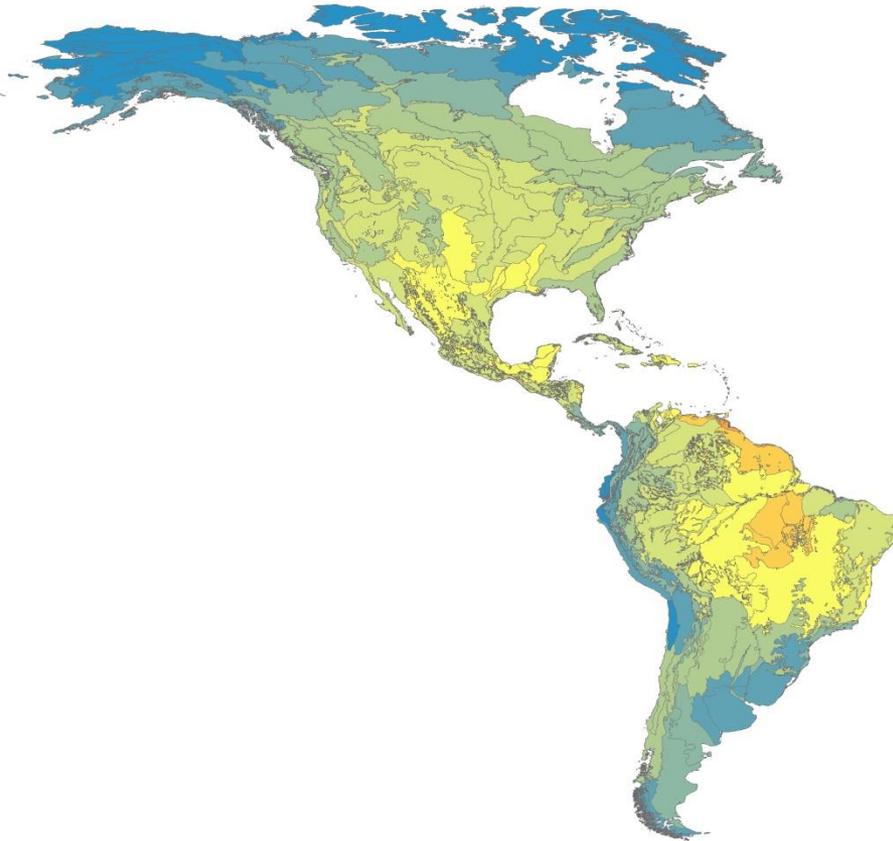
Índice de Estrés Bioclimático



Estrés Hídrico de las Ecorregiones de América

RCP 8.5 2050

RCP 8.5 2070



Índice de Estrés Hídrico

0,00 - 0,05 Muy leve inferior
0,06 - 0,10 Muy leve medio
0,11 - 0,15 Muy leve medio

0,16 - 0,20 Muy leve superior
0,21 - 0,25 Leve inferior
0,26 - 0,30 Leve medio

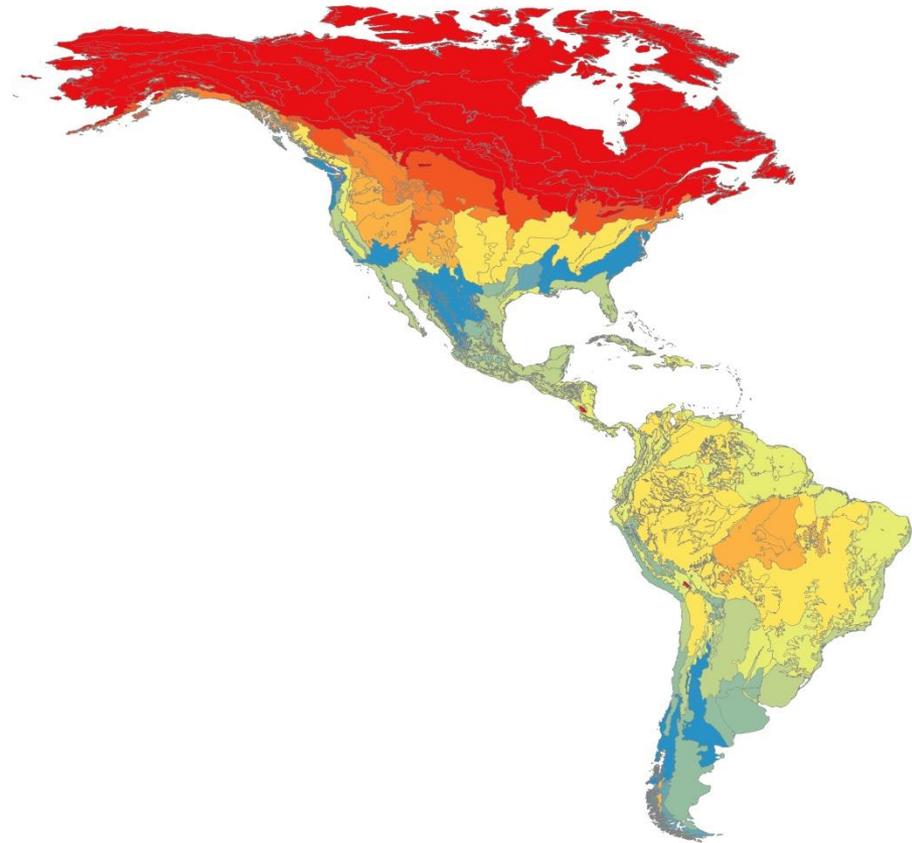
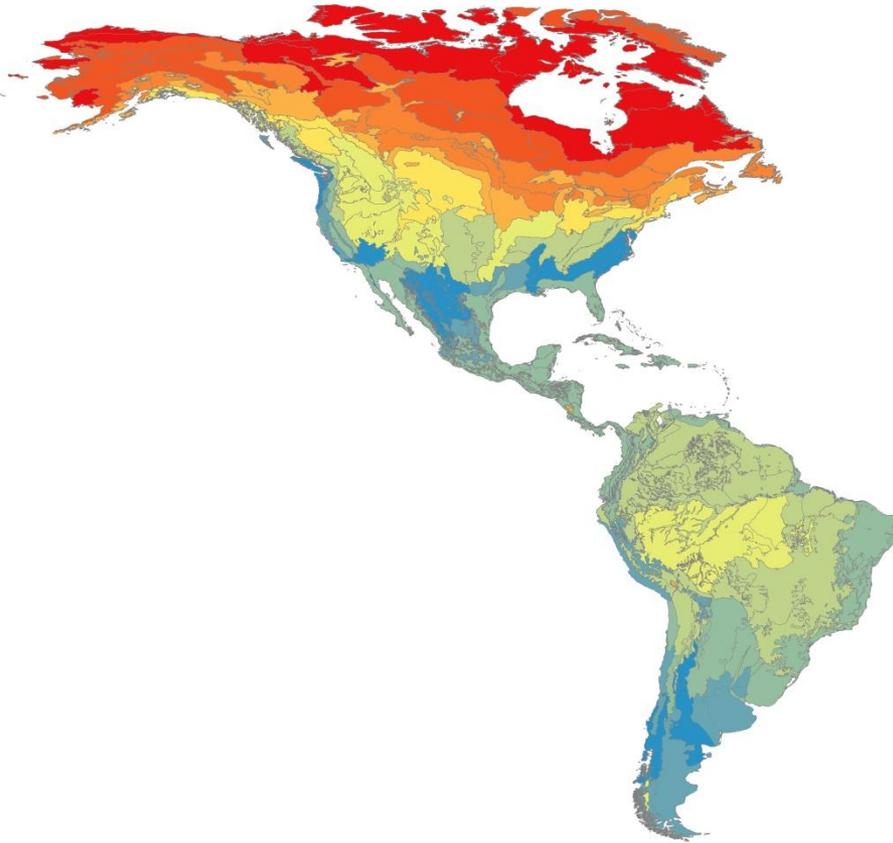
0,31 - 0,35 Leve medio
0,36 - 0,40 Leve superior
0,41 - 0,60 Moderado

0,61 - 0,80 Alto
0,81 - 1,00 Muy alto

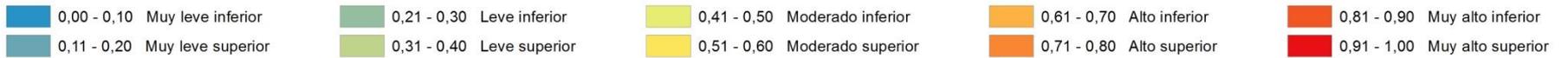
Estrés Térmico Invernal de las Ecorregiones de América

RCP 8.5 2050

RCP 8.5 2070



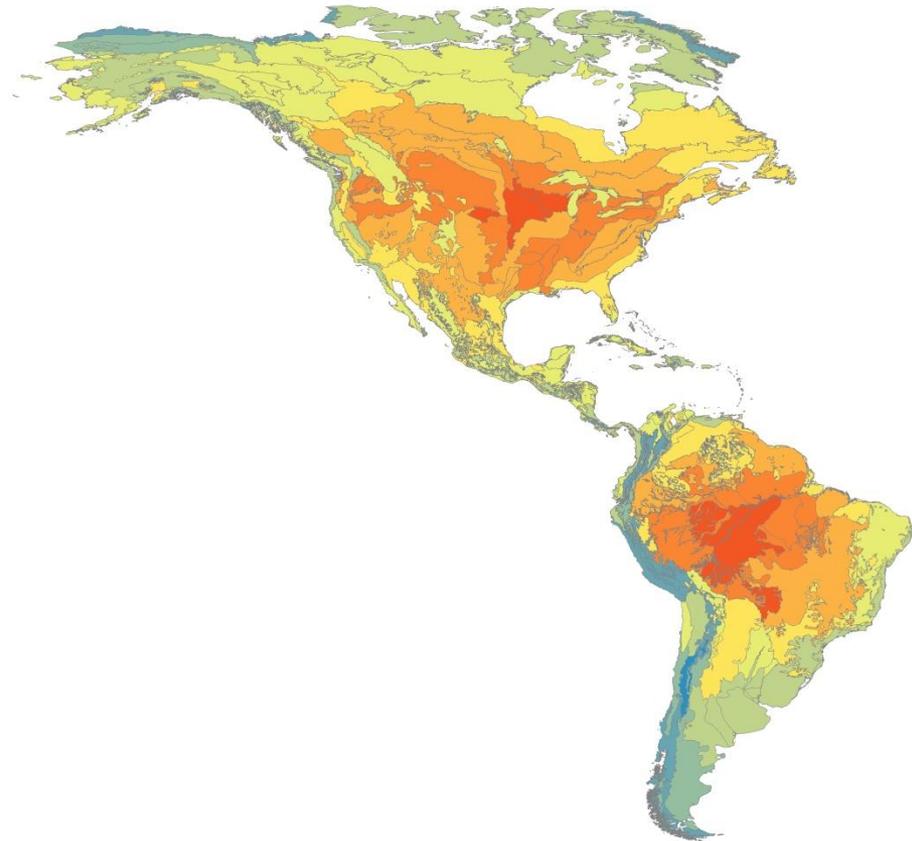
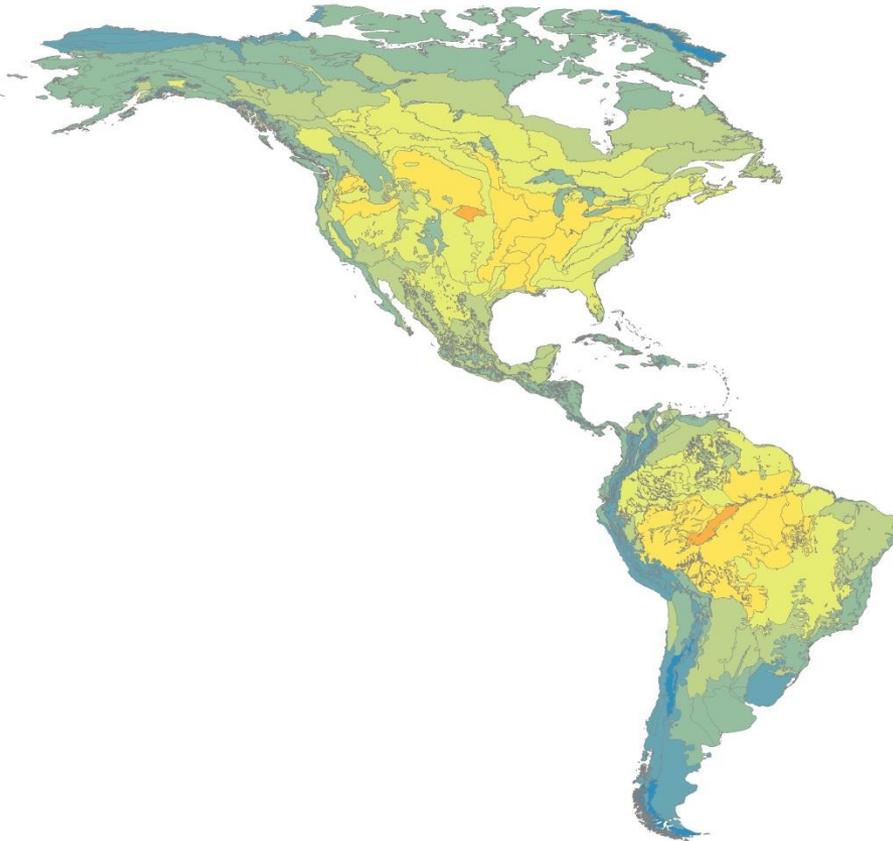
Índice de Estrés Térmico Invernal



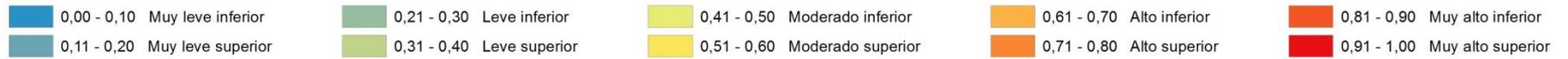
Estrés Térmico Estival de las Ecorregiones de América

RCP 8.5 2050

RCP 8.5 2070



Índice de Estrés Térmico Estival



Que no nos sorprenda el cambio climático, adelantémonos a lo que podría venir

