

Recursos Hídricos: Infraestructura de Calidad para Optimizar la Disponibilidad de Agua

Fernando Miralles Wilhelm

Agosto 2019

EARTH SYSTEM SCIENCE
INTERDISCIPLINARY
CENTER



UNIVERSITY OF
MARYLAND

The Nature
Conservancy 

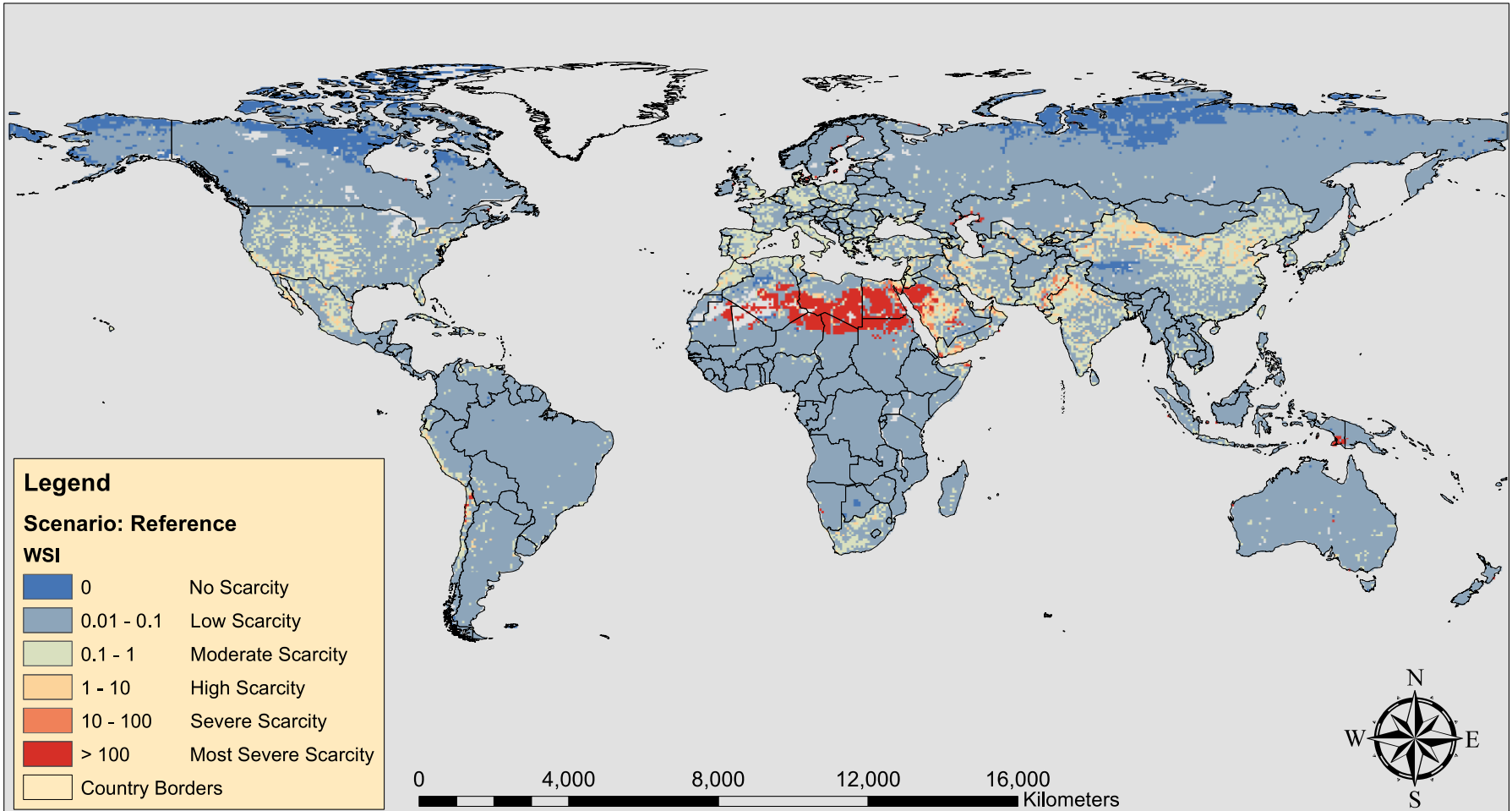


SANTIAGO
2019
FORO
LATINOAMERICANO
DE INFRAESTRUCTURA

¿Comparativamente, cómo es la disponibilidad hídrica en América Latina en relación al resto del mundo?

Global Water Scarcity Index(WSI)

2015

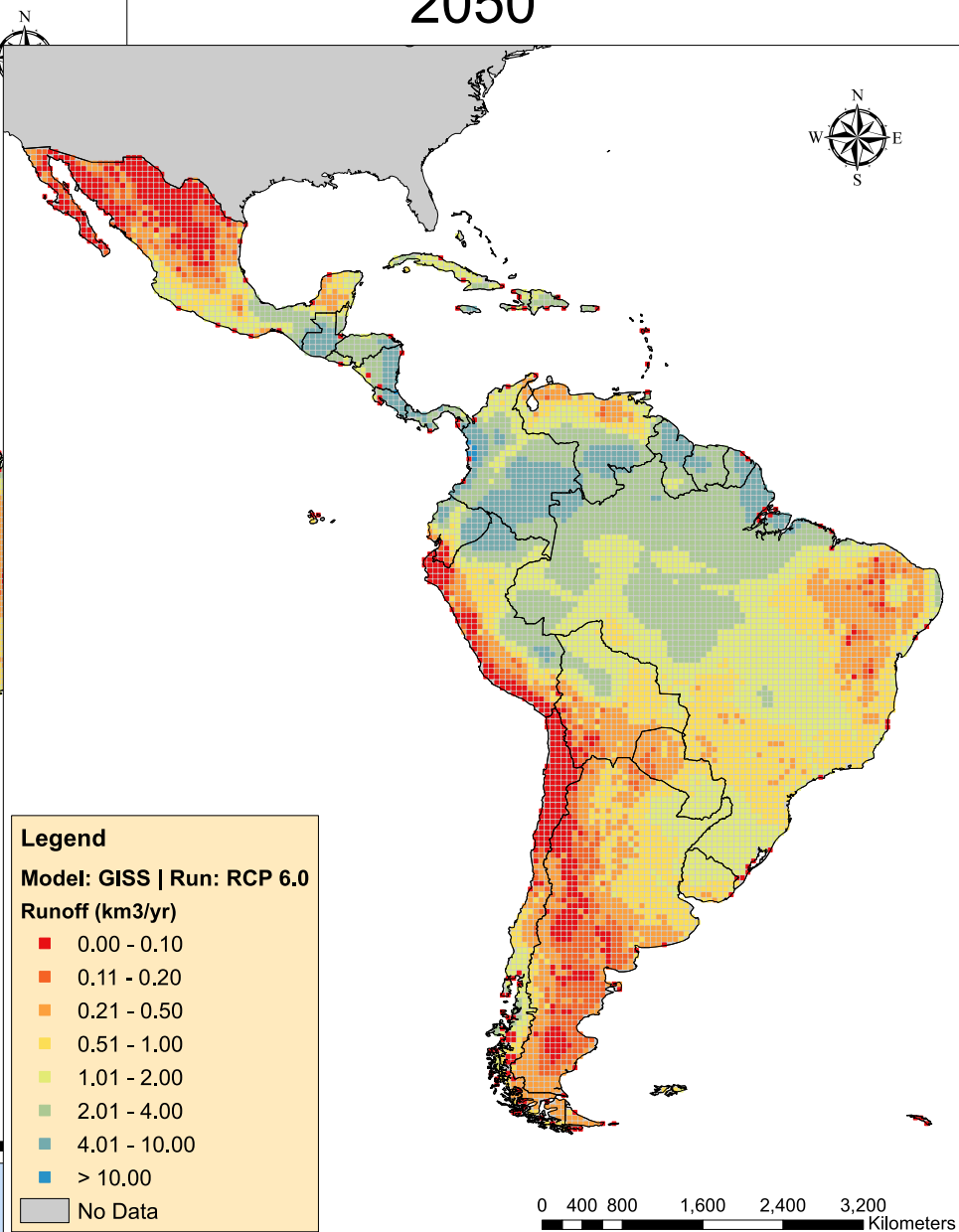
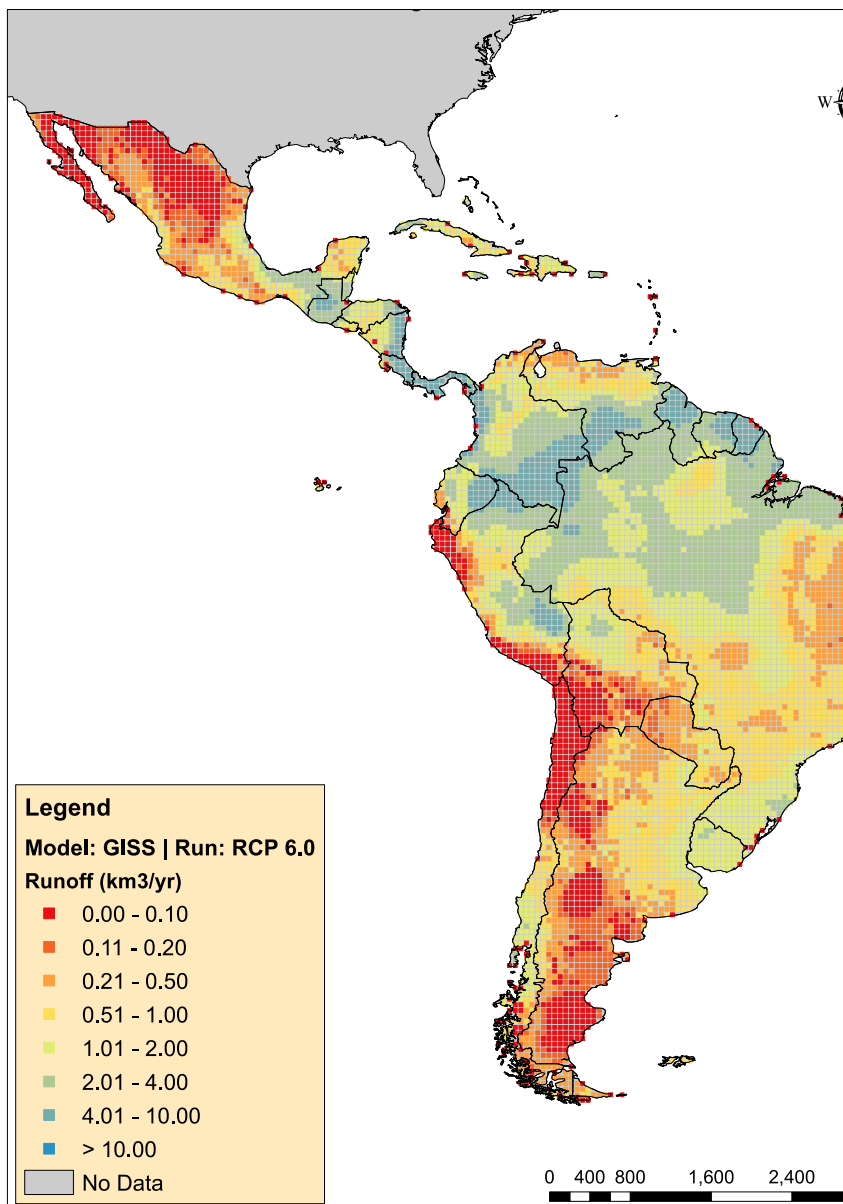


Annual Runoff (km³/yr) for Latin America and Carribean (LAC) Region

2015

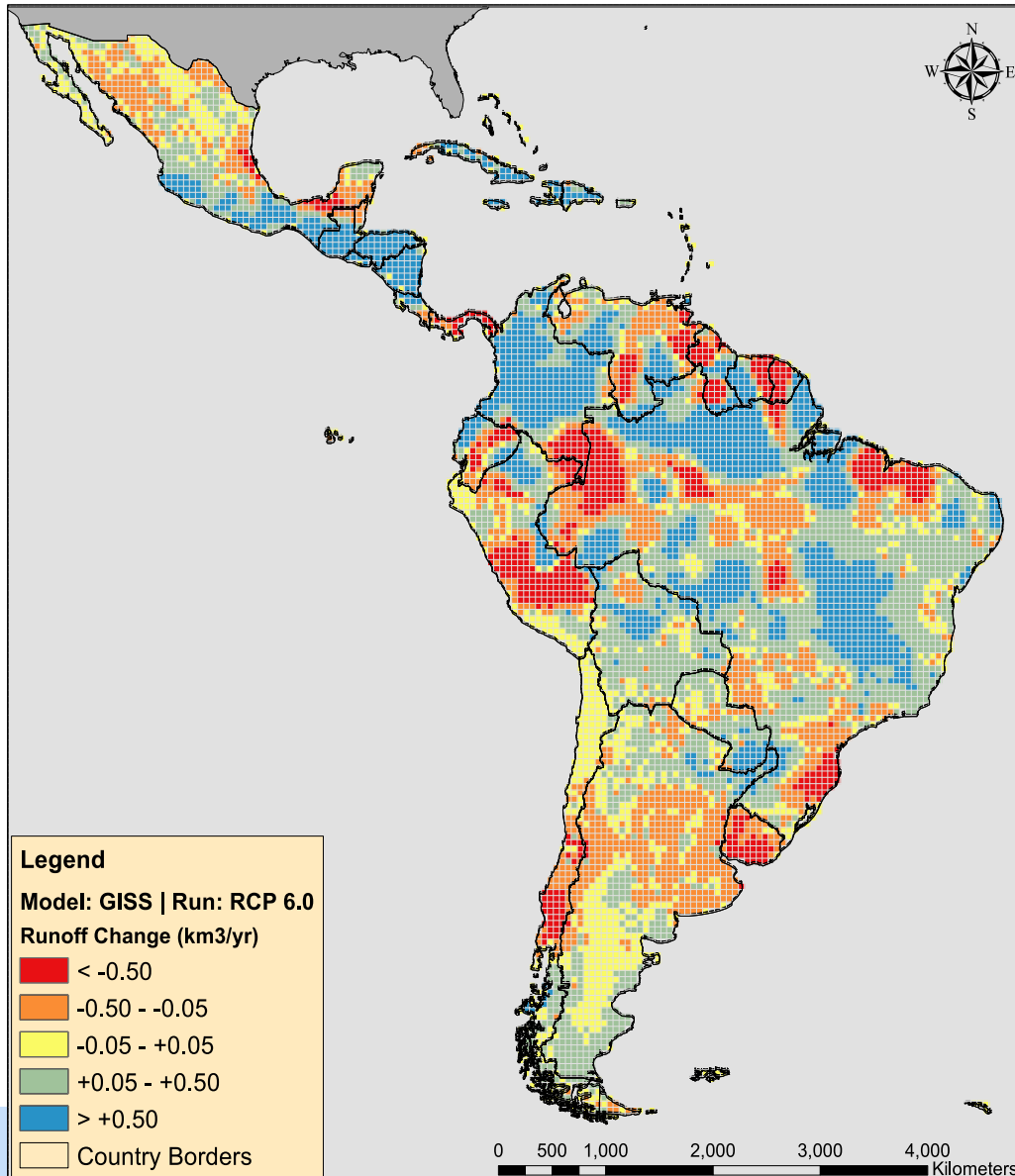
Annual Runoff (km³/yr) for Latin America and Carribean (LAC) Region

2050



Change in Annual Runoff (km³/yr) for the Latin America and Caribbean (LAC) Region

2015 - 2050



Pero...los efectos del cambio climático no son iguales a lo largo de la region.

**¿Por qué se reitera el mito de las
“causas naturales” cuando tratamos
el problema del agua?**

Ciclo Hidrológico = Cambio Global

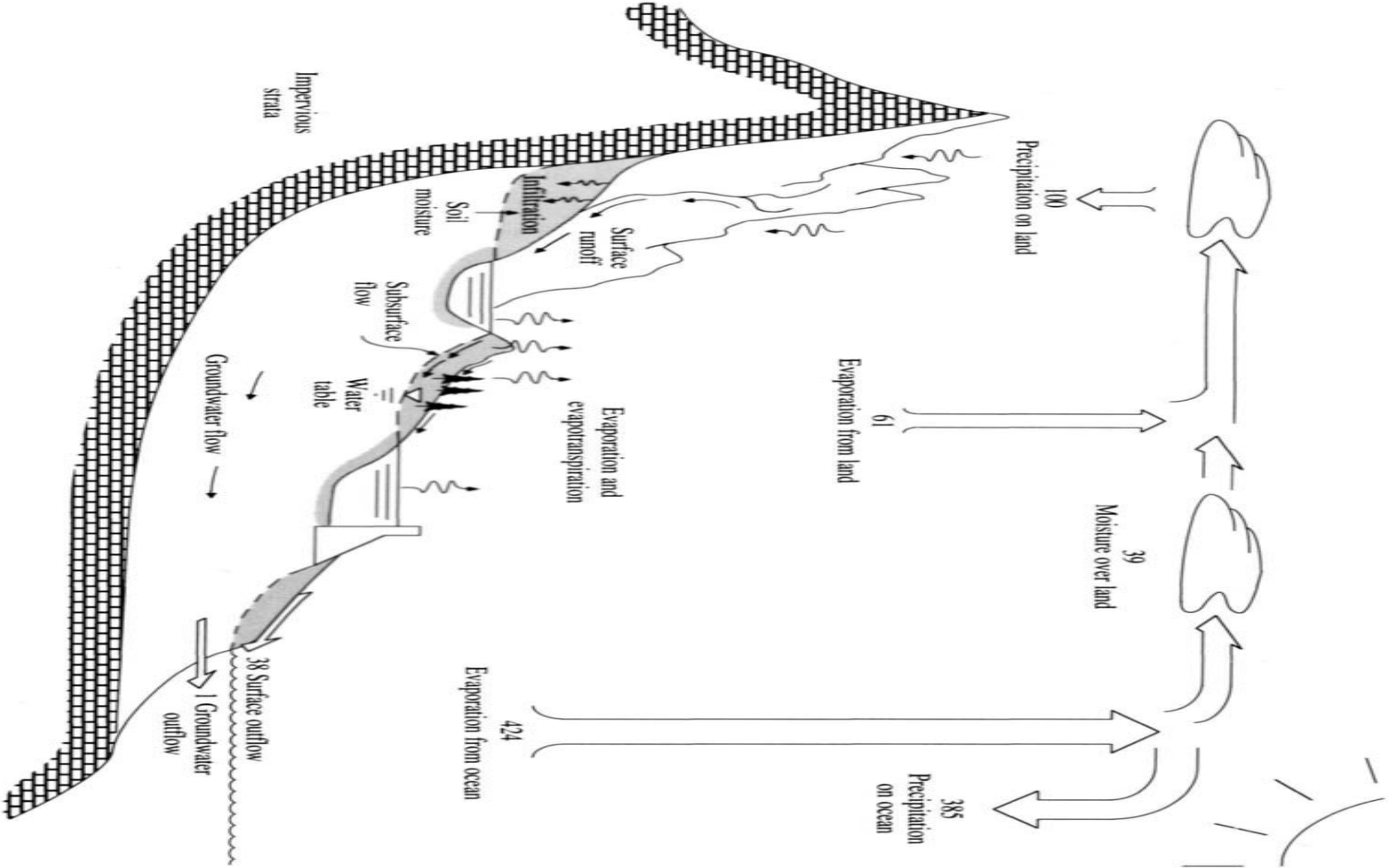
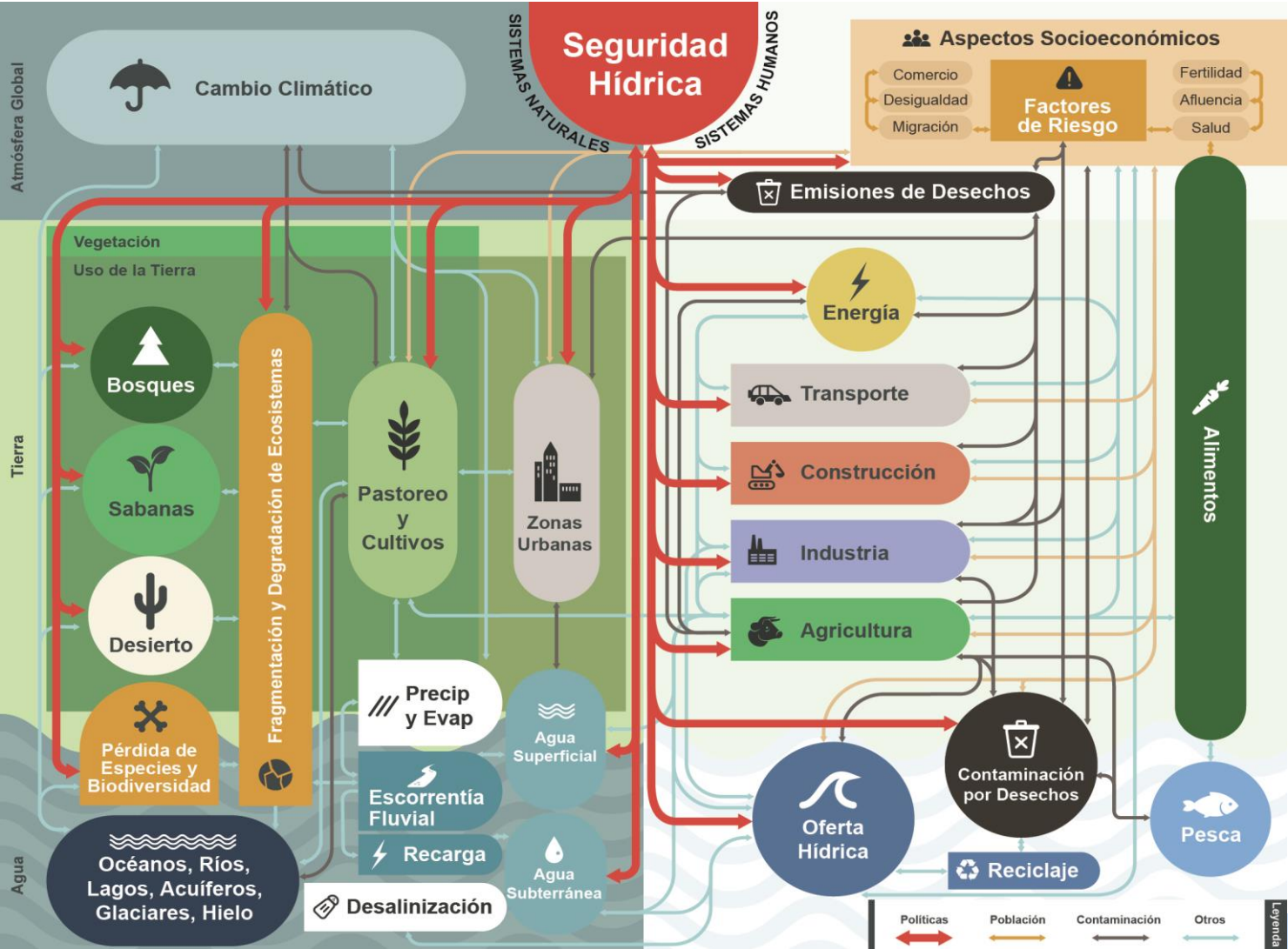


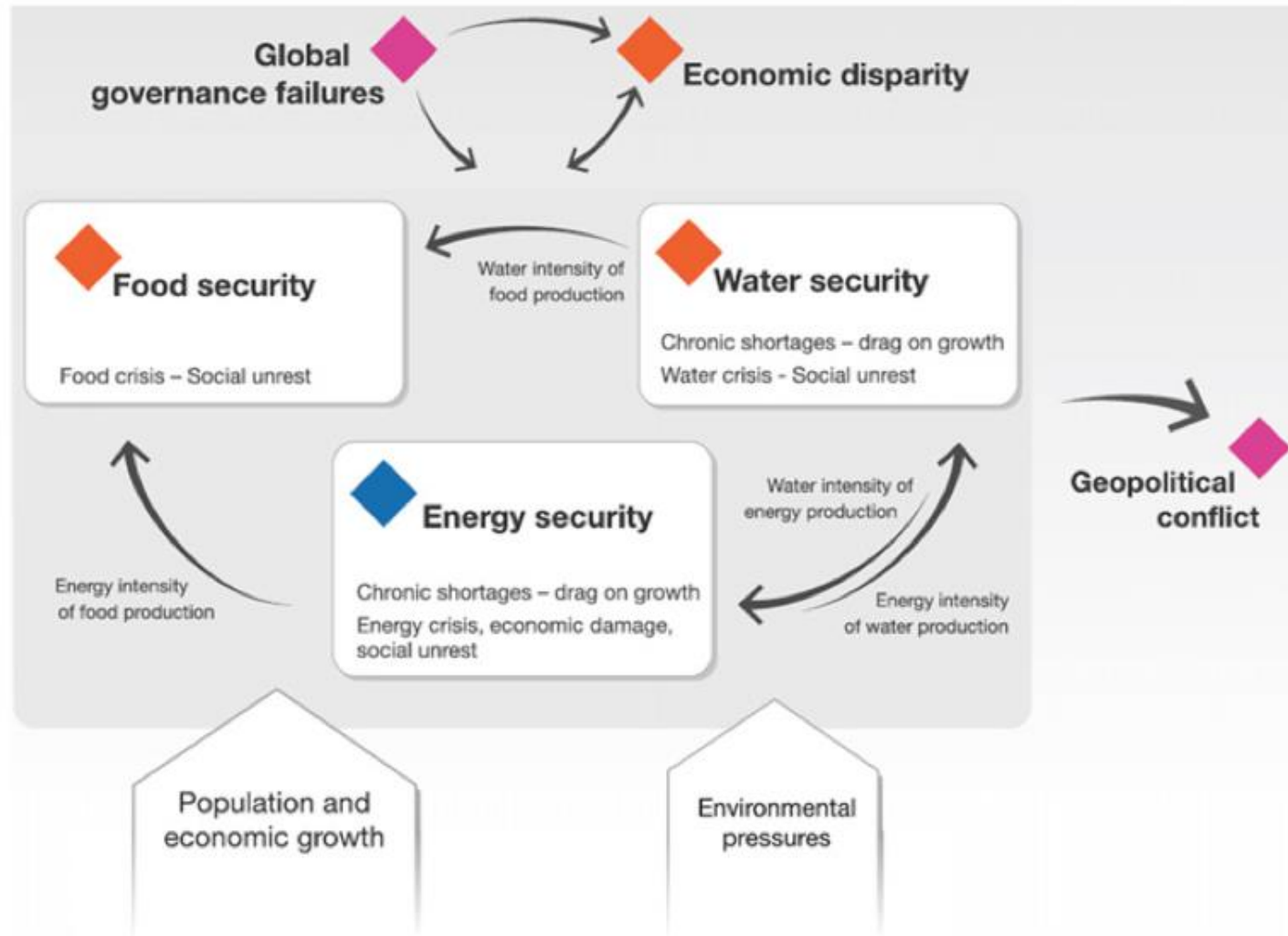
FIGURE 1.11

Chow, Maidment and Mays (1988)

Seguridad Hídrica, y el mito de las “causas naturales”



El “nexo” de la Seguridad Hídrica, Energética y Alimentaria



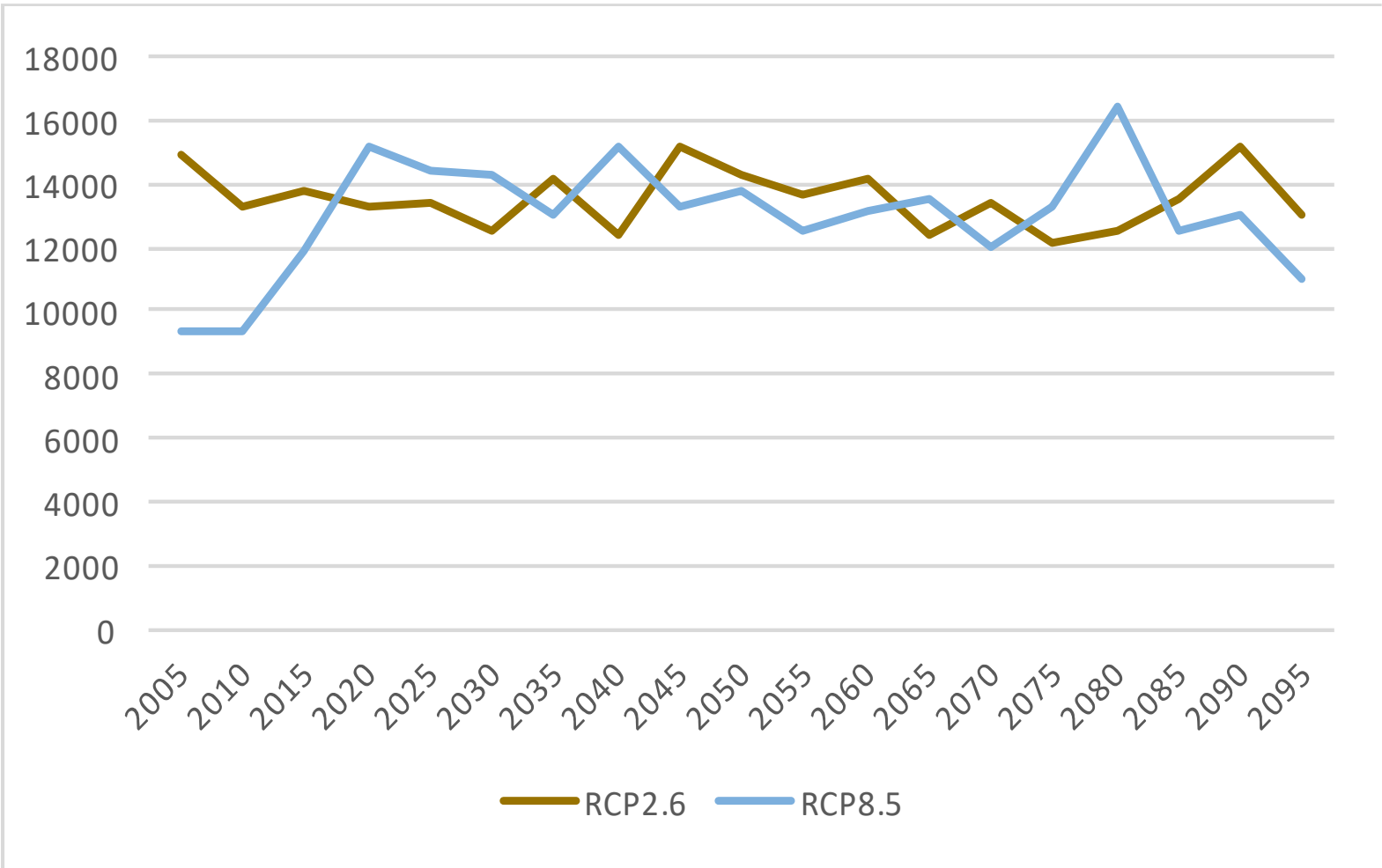
Fuente: Bazilian et al. (2011).

Cambio Climático: Necesidad de Enfoque en “Escenarios”

AR5 global warming increase (°C) projections^[5]

	2046-2065	2081-2100
Scenario	Mean and <i>likely</i> range	Mean and <i>likely</i> range
RCP2.6	1.0 (0.4 to 1.6)	1.0 (0.3 to 1.7)
RCP4.5	1.4 (0.9 to 2.0)	1.8 (1.1 to 2.6)
RCP6.0	1.3 (0.8 to 1.8)	2.2 (1.4 to 3.1)
RCP8.5	2.0 (1.4 to 2.6)	3.7 (2.6 to 4.8)

Disponibilidad hídrica total en LAC (km³/año)



La disponibilidad hídrica total en la region es relativamente estable y exhibe poca sensibilidad al cambio climático.

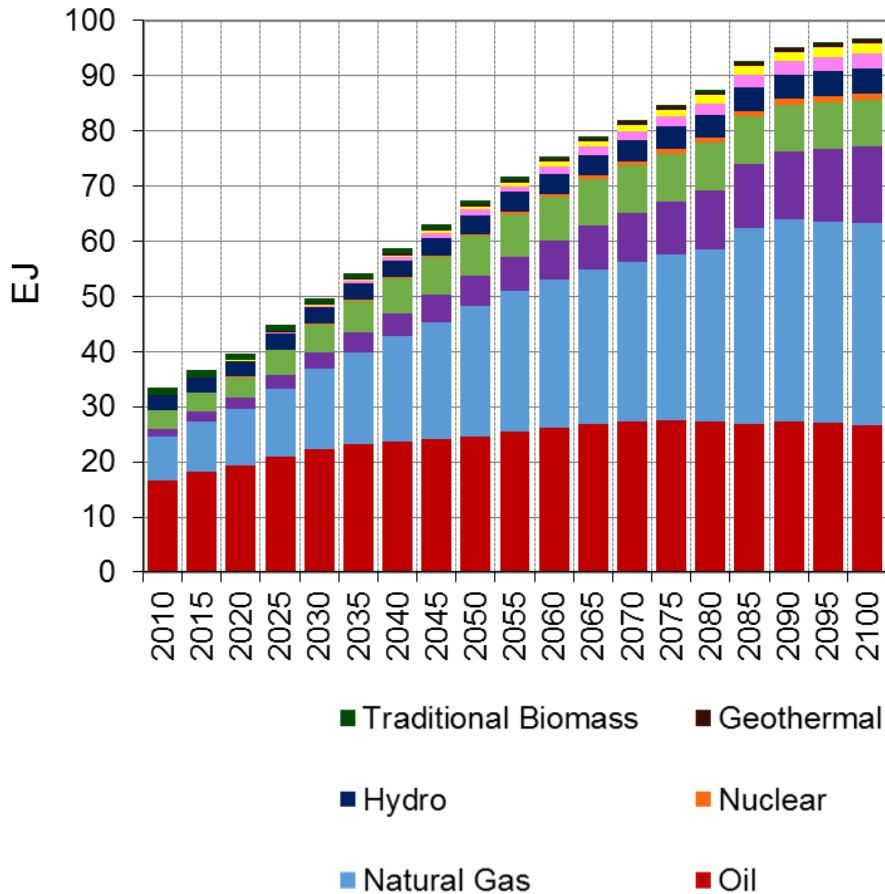
Incremento en la demanda de agua

TOTAL WATER DEMAND										
		D(km3)	(S-D)(km3)	D(km3)	(S-D)(km3)	D(km3)	(S-D)(km3)	D(km3)	(S-D)(km3)	Total Chang
ISO	COUNTRY	2015	2015	2025	2025	2050	2050	2095	2095	2015-2095
ARG	Argentina	48.27	2511.74	57.59	2434.35	73.87	2293.26	93.85	2704.92	94%
BLZ	Belize	0.23	63.32	0.25	81.56	0.36	69.32	0.64	64.18	172%
BOL	Bolivia	3.63	680.74	4.88	719.90	7.27	669.25	10.76	612.94	196%
BRA	Brazil	103.14	13025.39	119.51	14304.27	152.60	14477.61	192.89	13731.59	87%
CHL	Chile	65.06	914.65	78.47	904.02	108.12	868.12	139.64	679.45	115%
COL	Colombia	13.68	1781.85	17.71	2040.63	25.60	2044.01	39.12	1964.44	186%
CRI	Costa Rica	2.73	234.11	2.91	266.04	4.02	230.51	6.73	255.65	147%
DOM	Dom Rep	6.72	64.34	7.13	61.52	9.83	46.35	15.90	21.05	137%
ECU	Ecuador	18.59	532.77	22.74	642.14	32.86	525.89	41.52	566.42	123%
GTM	Guatemala	5.04	205.40	5.42	270.19	7.65	249.60	14.04	155.27	178%
GUY	Guyana	2.94	570.70	3.58	579.47	4.78	582.46	5.83	660.43	99%
HND	Honduras	2.34	83.35	2.51	97.67	3.55	99.38	6.28	63.31	169%
HTI	Haiti	2.04	11.62	2.19	15.02	3.08	7.66	5.56	2.71	172%
JAM	Jamaica	1.70	30.62	1.84	36.06	2.65	39.49	5.16	28.05	204%
MEX	Mexico	107.35	411.83	122.68	437.90	168.56	397.87	217.94	219.28	103%
NIC	Nicaragua	2.22	211.33	2.38	239.67	3.34	223.80	5.97	204.91	169%
PAN	Panama	0.71	80.41	0.77	79.09	1.08	82.78	1.91	98.63	168%
PER	Peru	21.39	1213.26	27.51	1197.87	39.17	1245.84	52.02	1137.02	143%
PRY	Paraguay	2.73	289.91	3.50	316.02	5.15	305.79	7.21	333.72	164%
SLV	El Salvador	3.25	44.98	3.49	62.80	4.91	52.15	9.00	33.55	177%
SUR	Suriname	1.17	628.71	1.41	689.93	1.89	631.00	2.49	651.44	113%
URY	Uruguay	7.29	332.50	9.19	274.52	13.90	232.98	16.25	250.68	123%
VEN	Venezuela	38.02	2433.78	43.53	2668.97	58.37	2674.71	88.31	2520.93	132%
REGIONAL LAC		460.26	26357.33	541.19	28419.60	732.62	28049.82	979.04	26960.58	113%

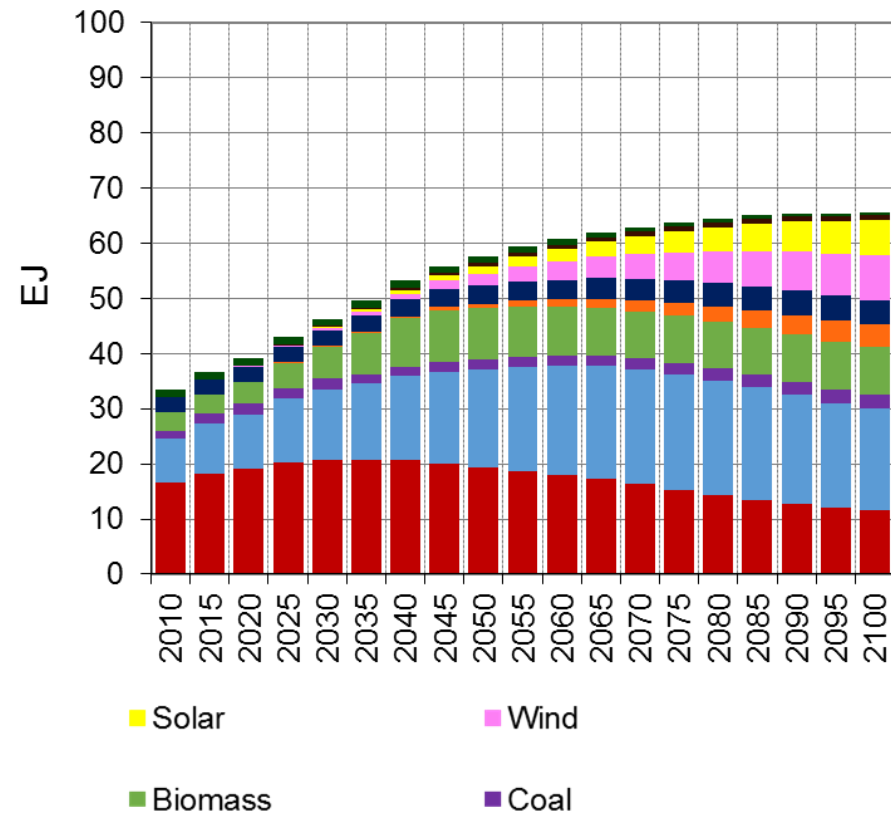
Cambio Climático y el Acuerdo de París

Producción de Energía Primaria (por fuente)

a. Reference (No Policy) Scenario



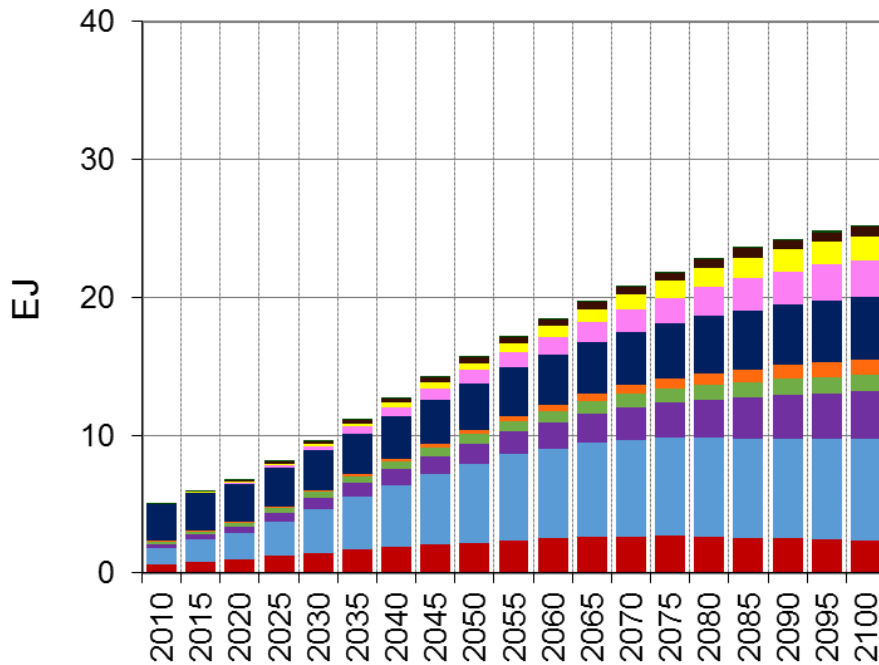
b. Policy (NDC) Scenario



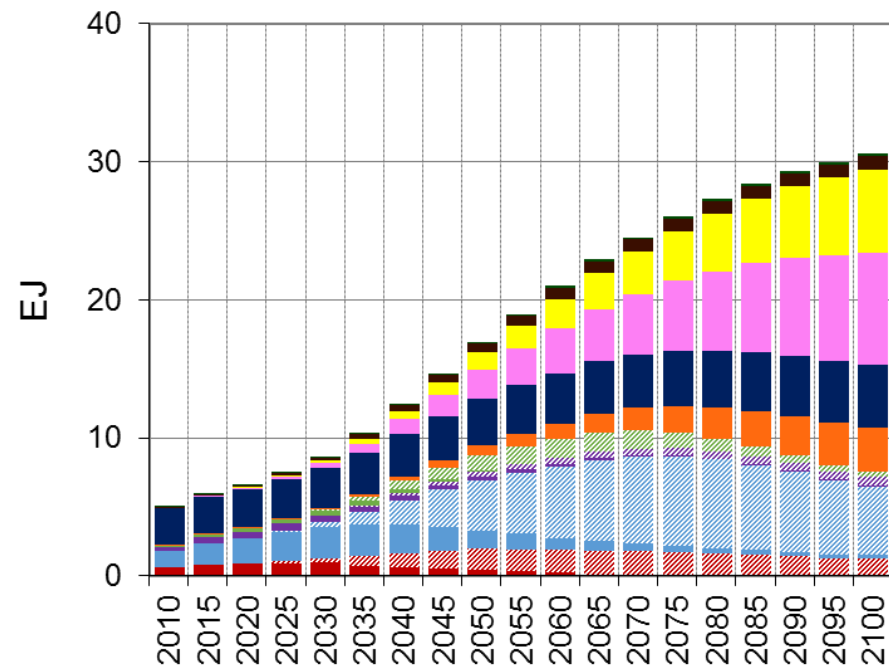
Cambio Climático y el Acuerdo de Paris

Generación de Electricidad

a. Reference (No Policy) Scenario



b. Policy (NDC) Scenario



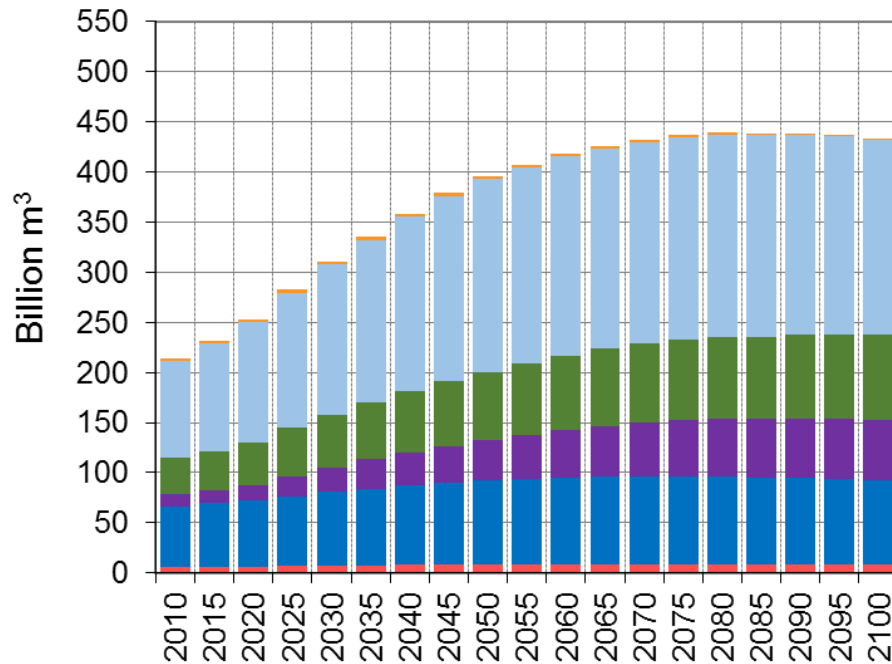
- CHP
- Geothermal
- Hydro
- Nuclear
- Coal w/ CCS
- Coal
- Oil w/ CCS
- Oil

- Solar
- Wind
- Biomass w/ CCS
- Biomass
- Natural Gas w/ CCS
- Natural Gas

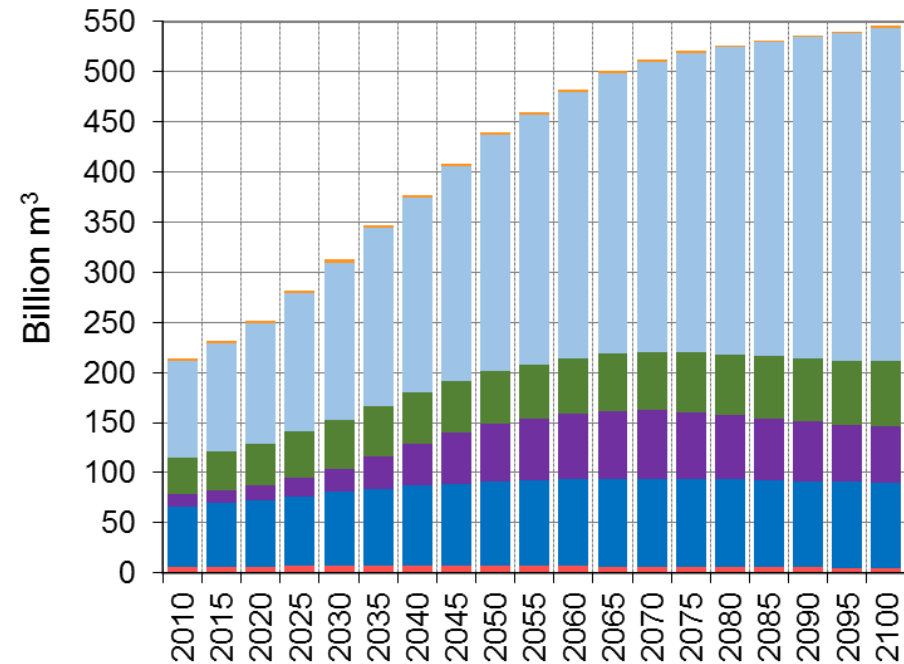
Cambio Climático y el Acuerdo de París

Demanda Total de Agua (por subsector)

a. Reference (No Policy) Scenario



b. Policy (NDC) Scenario



■ Primary Energy
 ■ Irrigation
 ■ Manufacturing
 ■ Electricity
 ■ Municipal
 ■ Livestock

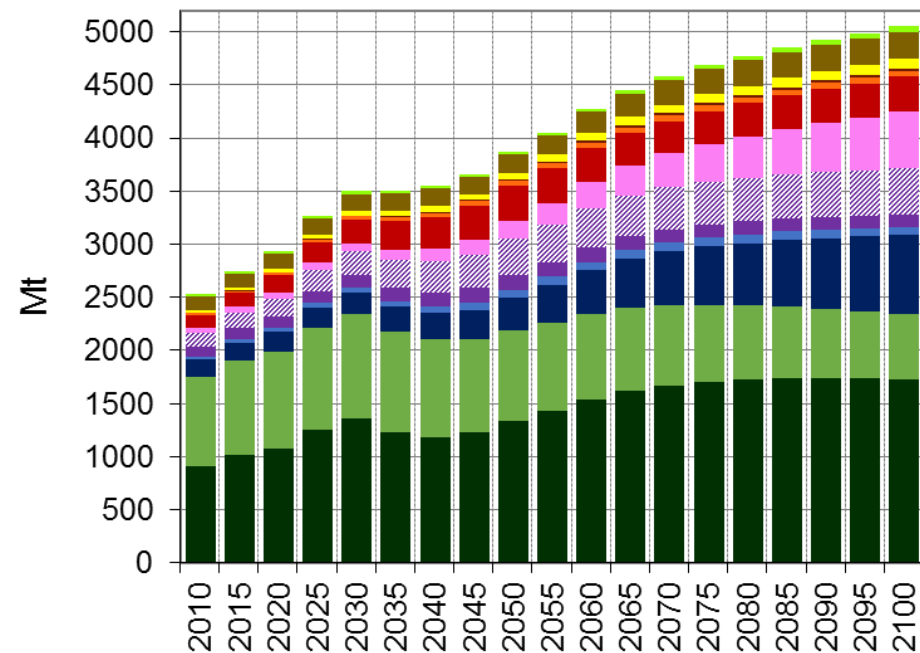
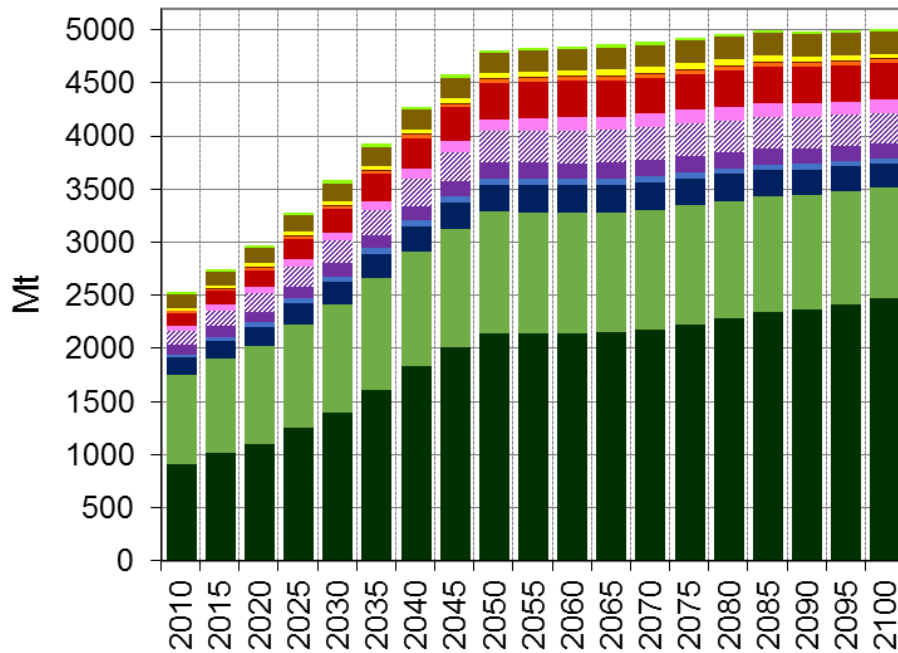
El incremento en la demanda de agua ocurre en el subsector de riego.

Cambio Climático y el Acuerdo de Paris

Producción Agrícola

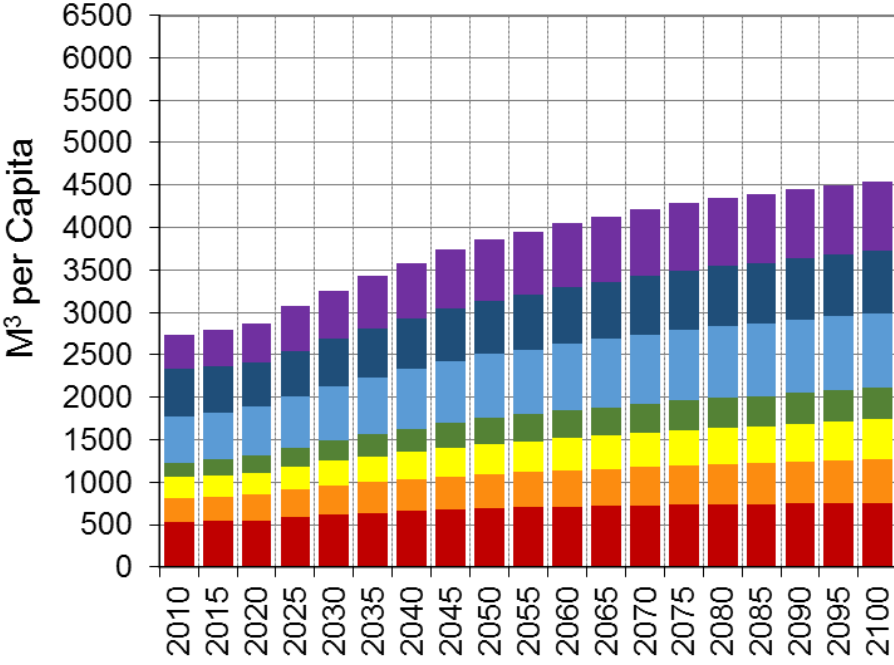
a. Reference (No Policy) Scenario

b. Policy (NDC) Scenario



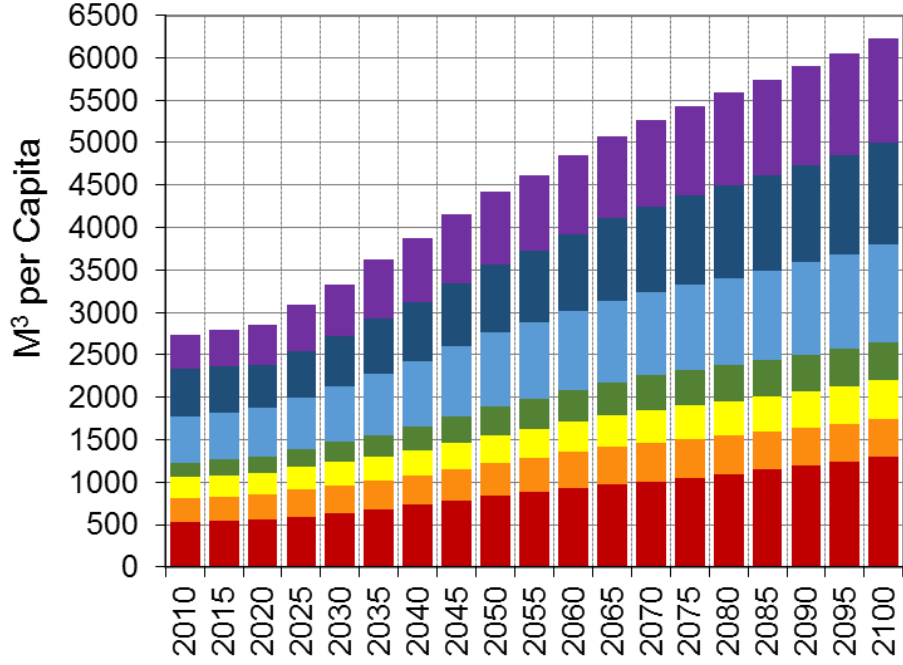
Demanda Total de Agua per Cápita

a. Reference (No Policy) Scenario



- South America Southern
- Mexico
- Central America and Caribbean
- Argentina

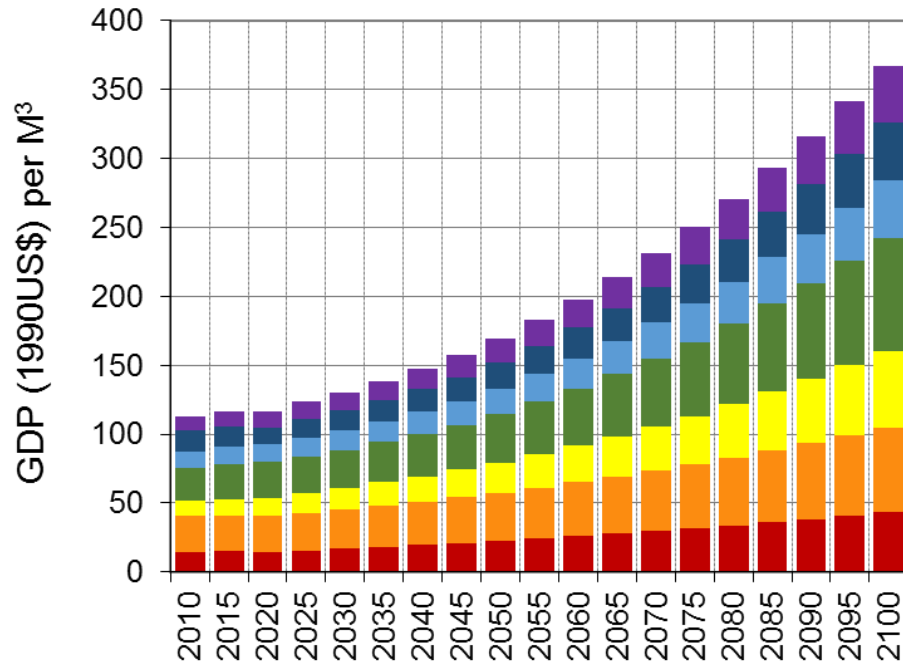
b. Policy (NDC) Scenario



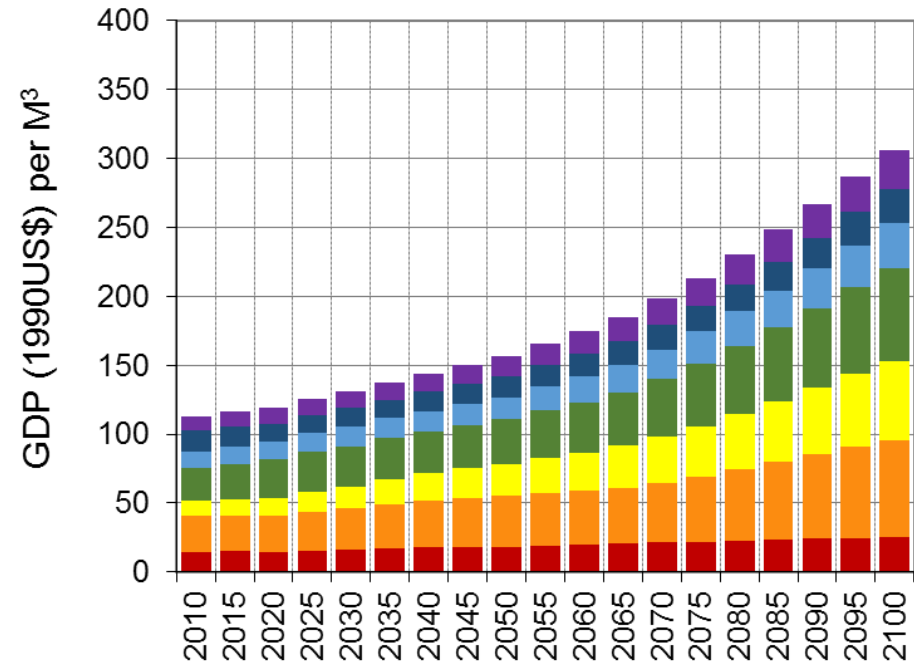
- South America Northern
- Colombia
- Brazil

Intensidad Hídrica de la Economía (PIB por unidad de demanda de agua)

a. Reference (No Policy) Scenario



b. Policy (NDC) Scenario



¿Qué significa “infraestructura de calidad” dentro de esta óptica?

	Capacidad de	D (km3)	(R-D) km3	D (km3)	(R-D) km3	D (km3)	(R-D) km3
PAIS	Embalses (R; km3)	2015	2015	2025	2025	2050	2050
Argentina	131.60	48.27	83.33	57.59	74.01	73.87	57.73
Belice	0.12	0.23	-0.11	0.25	-0.13	0.36	-0.24
Bolivia	0.60	3.63	-3.03	4.88	-4.28	7.27	-6.67
Brasil	700.40	103.14	597.26	119.51	580.89	152.60	547.80
Chile	14.44	65.06	-50.62	78.47	-64.03	108.12	-93.68
Colombia	11.28	13.68	-2.40	17.71	-6.43	25.60	-14.32
Costa Rica	2.00	2.73	-0.73	2.91	-0.91	4.02	-2.02
Rep Dom	2.30	6.72	-4.42	7.13	-4.83	9.83	-7.53
Ecuador	7.70	18.59	-10.89	22.74	-15.04	32.86	-25.16
Guatemala	0.46	5.04	-4.58	5.42	-4.96	7.65	-7.19
Guyana	0.81	2.94	-2.13	3.58	-2.77	4.78	-3.97
Honduras	5.80	2.34	3.46	2.51	3.29	3.55	2.25
Haiti	0.30	2.04	-1.74	2.19	-1.89	3.08	-2.78
Jamaica	0.01	1.70	-1.69	1.84	-1.84	2.65	-2.65
Mexico	150.00	107.35	42.65	122.68	27.32	168.56	-18.56
Nicaragua	32.00	2.22	29.78	2.38	29.62	3.34	28.66
Panama	9.14	0.71	8.43	0.77	8.37	1.08	8.06
Peru	5.77	21.39	-15.62	27.51	-21.74	39.17	-33.40
Paraguay	33.53	2.73	30.80	3.50	30.03	5.15	28.38
El Salvador	3.88	3.25	0.63	3.49	0.39	4.91	-1.03
Surinam	20.00	1.17	18.83	1.41	18.59	1.89	18.11
Uruguay	17.20	7.29	9.91	9.19	8.01	13.90	3.30
Venezuela	157.60	38.02	119.58	43.53	114.07	58.37	99.23

Infraestructura de Calidad

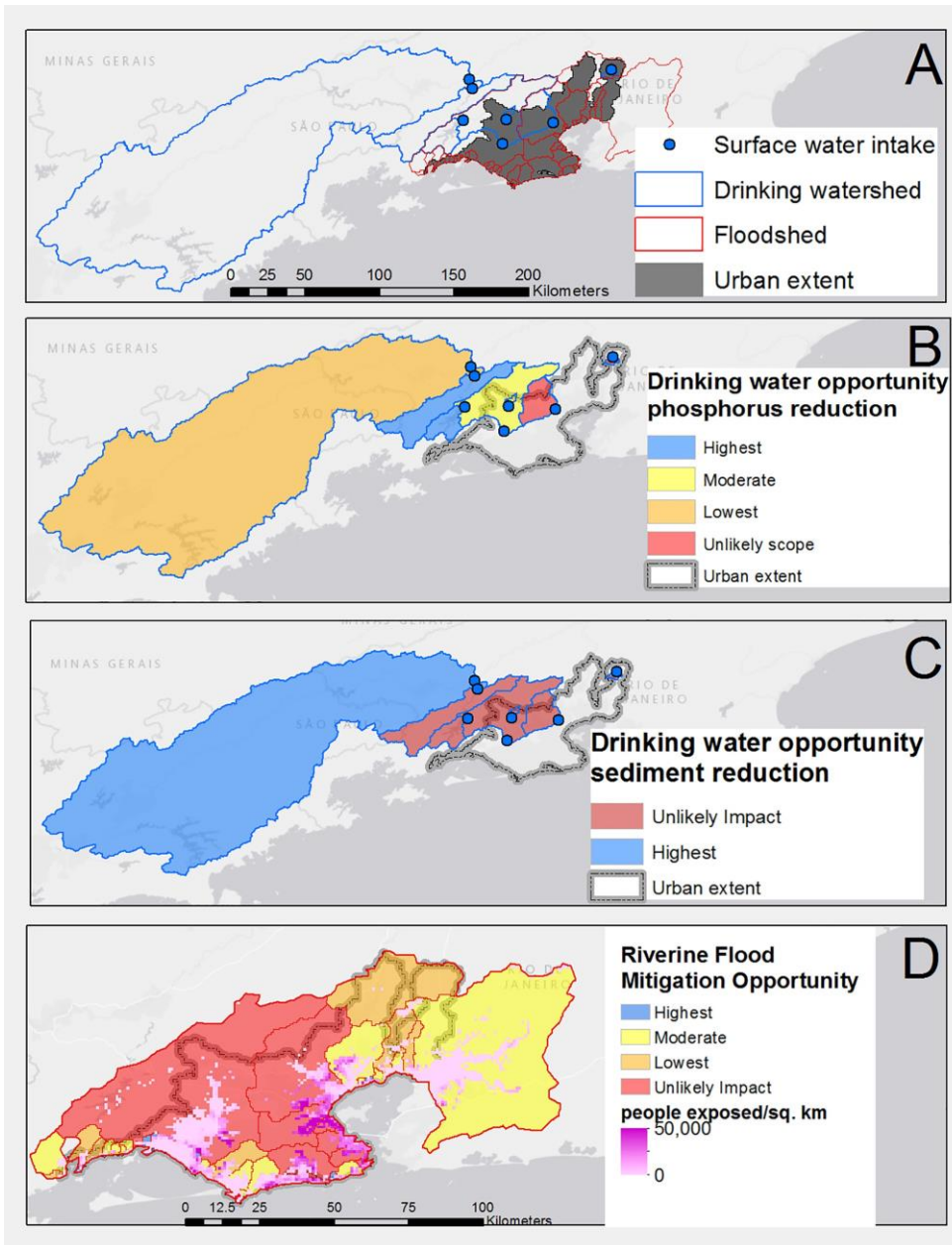
- Soluciones basadas en la naturaleza -> infraestructura verde
- Ciencia y Tecnología -> Pronóstico de la oferta
- Humana -> gestion de la demanda

Tres retos para el siglo 21

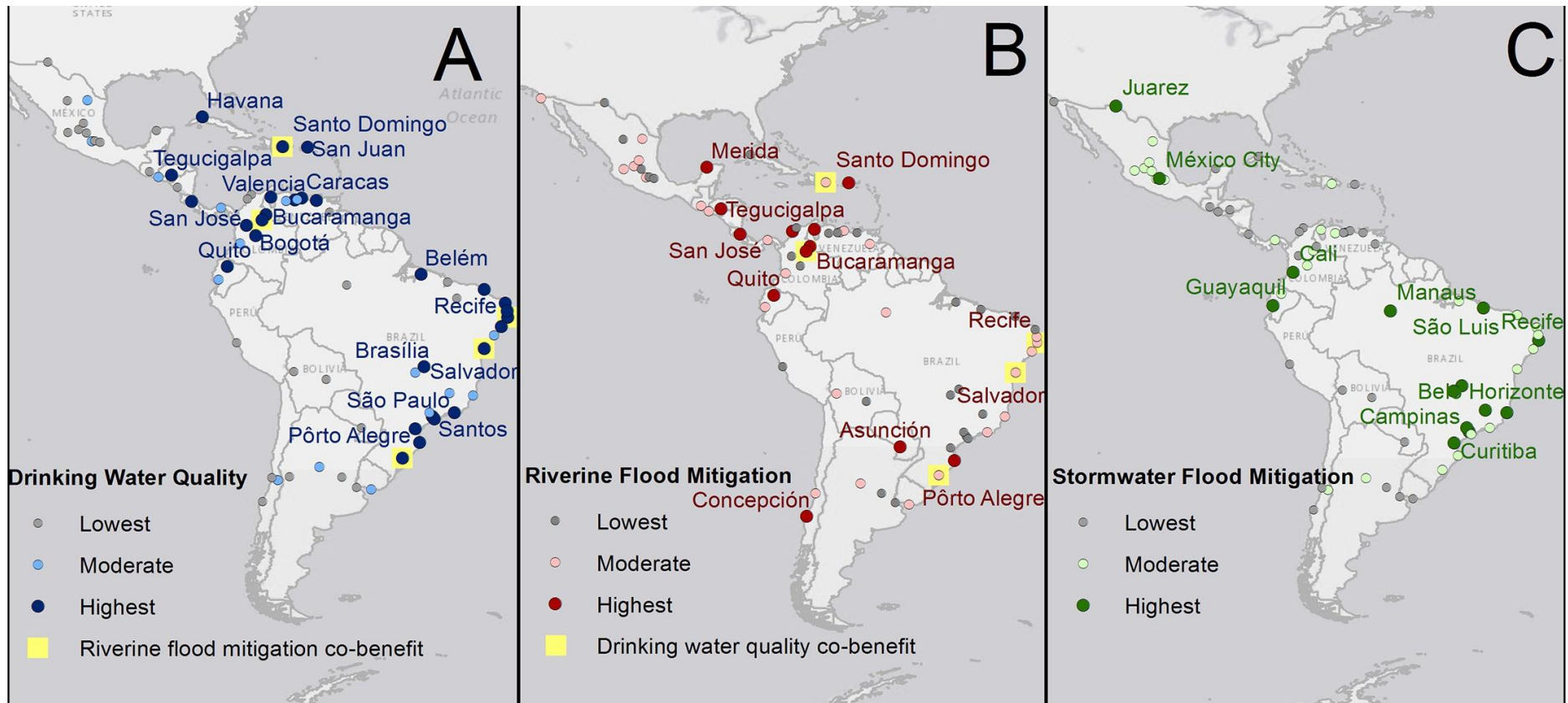


Utilización de SBN

Problemas de Seguridad Hídrica (SH) → ↓ Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN)	Disponibilidad Hídrica y Fuentes de Agua		Inundaciones y Sequías		Calidad de Aguas Superficiales				Calidad de Aguas Subterráneas	Tratamiento de Aguas Residuales
	Caudal Fluvial	Recarga de Acuíferos	Inundaciones	Sequías	N, P	Sedimentos	Pesticidas	Micro Poluentes	N, P	
Protección de Tierras										
Reforestación y Revegetación										
Restauración de zonas buffers en riberas de ríos										
Remoción de especies invasivas										
Recarga de acuíferos										
Reconexión de ríos y planices de inundación										
Conservación y Restauración de Humedales										
Construcción de Humedales Artificiales										
Espacios Verdes (bioretención e infiltración)										
Pavimentos Permeables										
Establishing flood bypasses										
Mejores Prácticas Agrícolas										
- Cobertura por Cultivos										
- Cambio y/o rotación de cultivos										
- Reducir uso de agroquímicos										
- Cambios en uso de pesticidas										
Mejores Prácticas Forestales										
Mejores Prácticas Ganaderas										



Mapa mostrando la factibilidad de utilizar SBN para la protección de fuentes de agua potable y la reducción de riesgos por inundación en Río de Janeiro (fuente: Tellman et al. 2018).



Priorización de localidades en la región de LAC en cuanto a factibilidad de utilizar SBN para aspectos de SH.

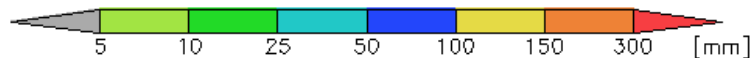
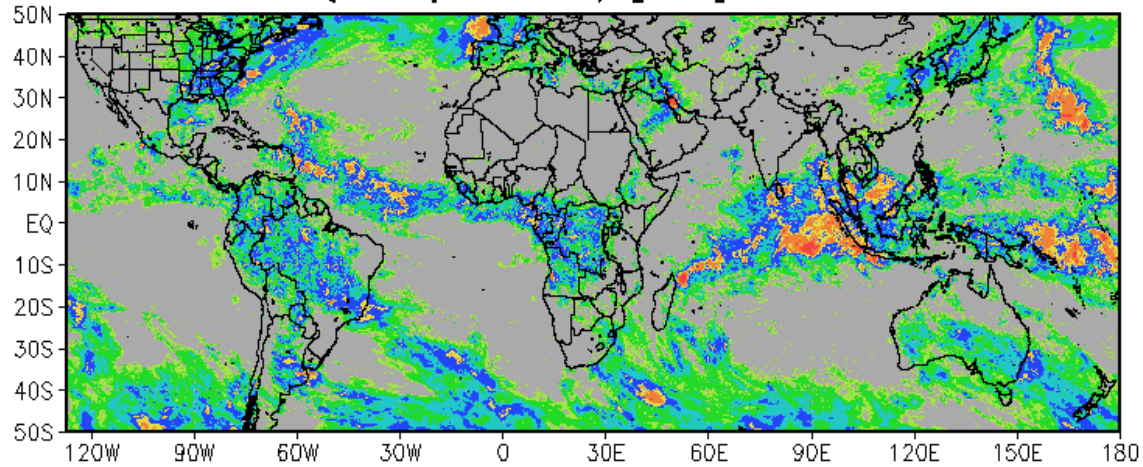
A: mejoras en la calidad de agua para uso potable

B: mitigación de impactos de inundaciones fluviales

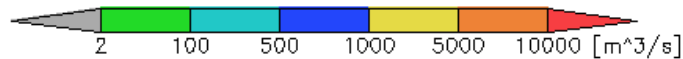
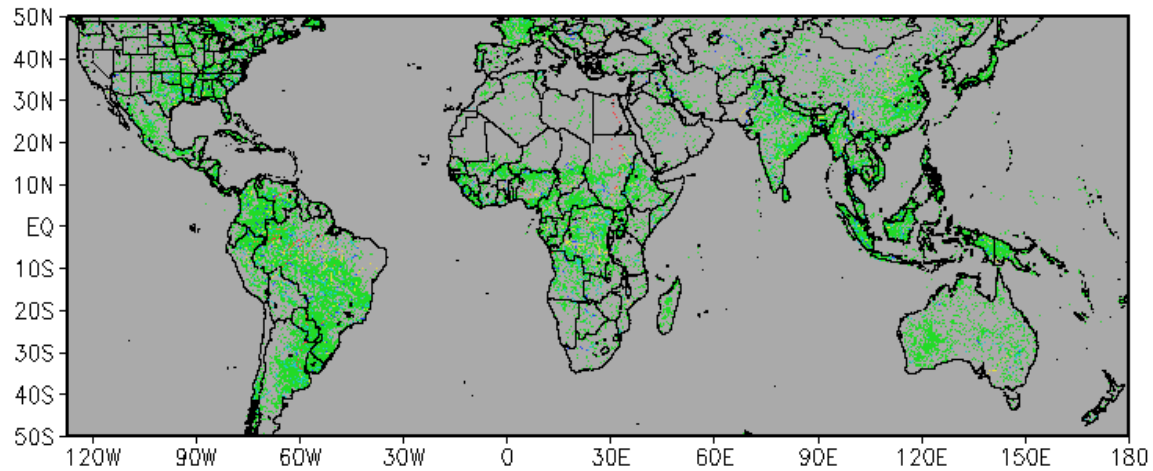
C: mitigación de inundaciones pluviales

(fuente: Tellman et al. 2018).

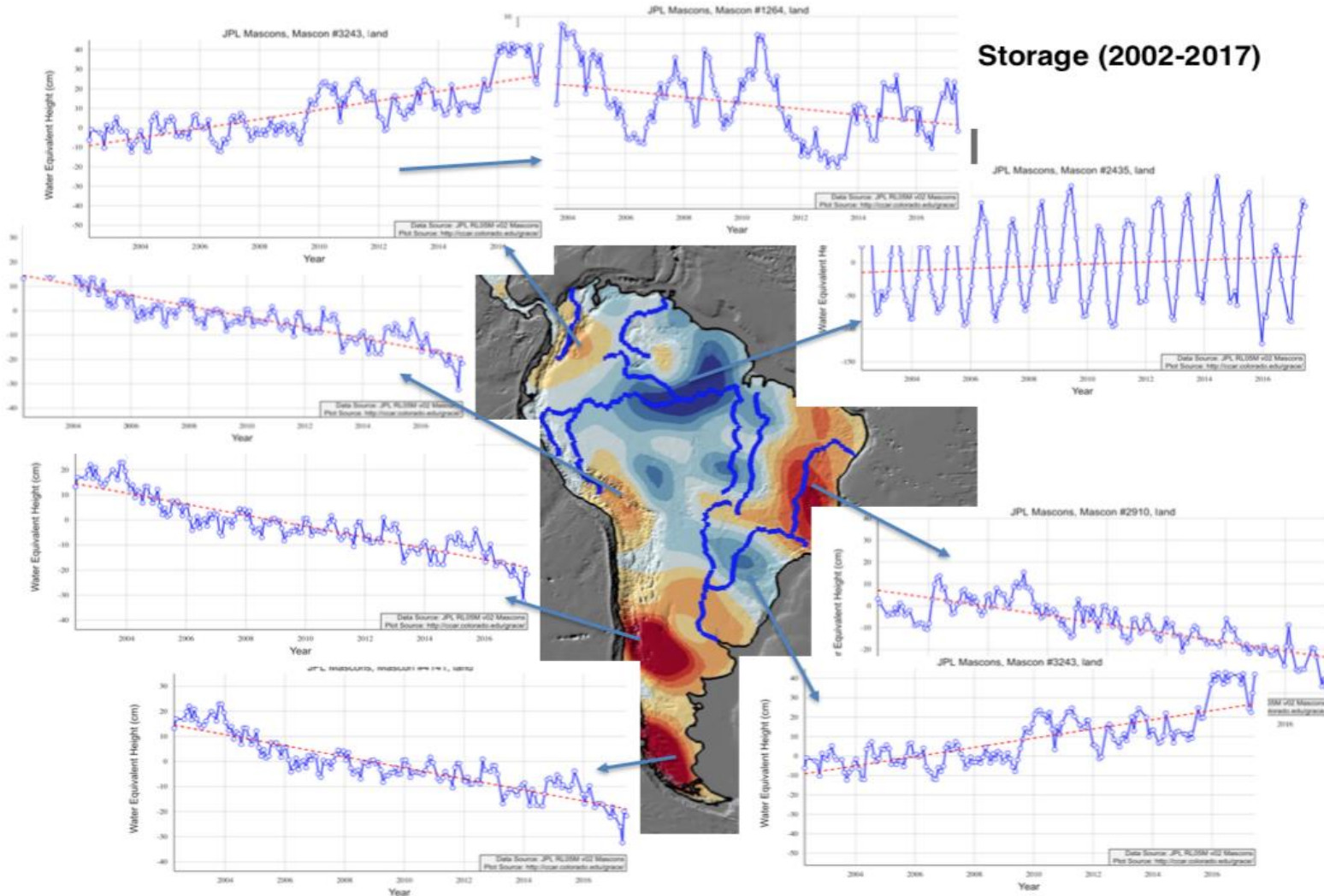
Rainfall (7-day accum.) [mm] 06Z11Nov2018



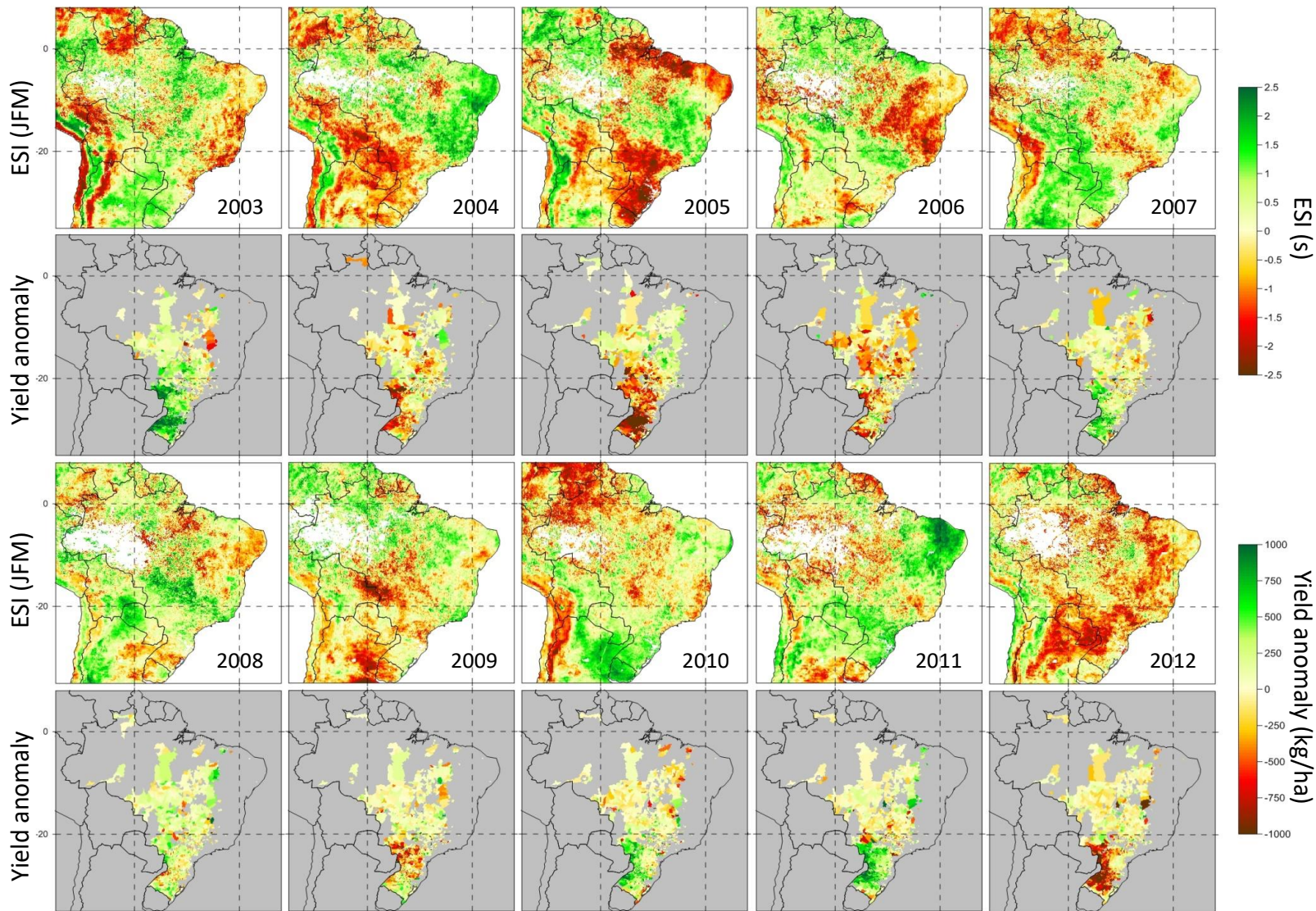
Streamflow 12km res. [m^3/s]
06Z11Nov2018



Storage (2002-2017)



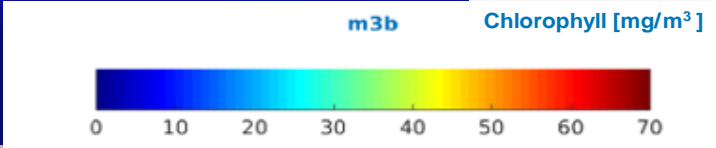
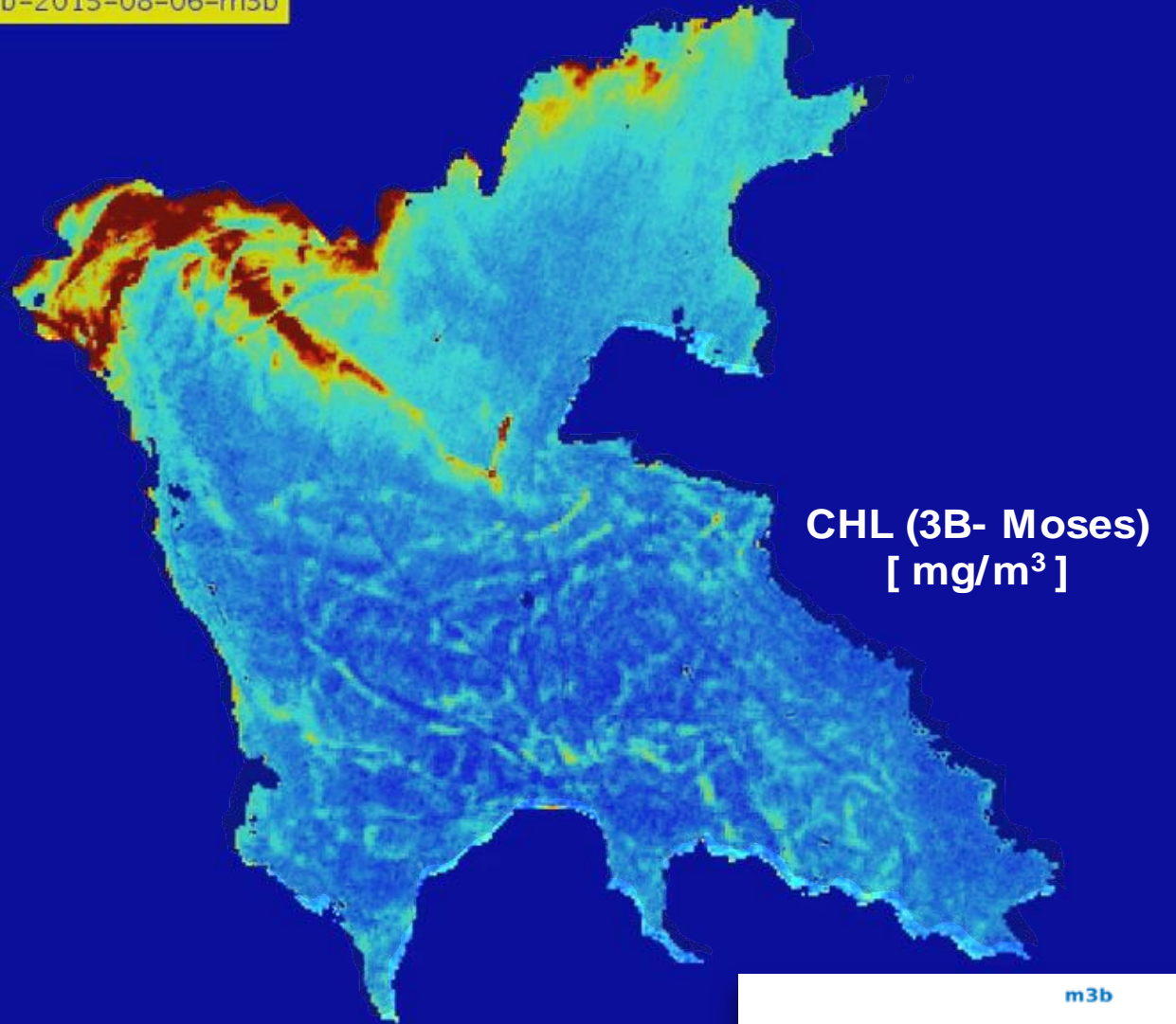
Obtención de series históricas de la disponibilidad de agua subterránea de la misión GRACE de NASA en la Cuenca Amazónica (fuente: https://photojournal.jpl.nasa.gov/archive/PIA13243_gracelenticular_07_web2.gif).



Valor del ESI y su incidencia en la productividad agrícola anual en Brasil; fuente: http://catalogue.servirglobal.net/Product?product_id=198

VDB Regionally Tuned Chlorophyll (Moses- 3Band)

vdb-2015-08-06-m3b



Escenarios SSP: Shared Socioeconomic Pathways

SSP5: Conventional Development

- Rapid economic development
- Stabilizing population
- Consumerism
- High fossil fuel dependency
- Eradication of extreme poverty and universal access to education and basic services
- Highly engineered infrastructure and ecosystems

SSP1: Sustainability

- Good progress towards sustainable development
- Stabilizing population
- Decreasing income inequality
- Early MDG achievement
- Low resource intensity and fossil fuel dependency
- Strong int'l governance and local institutions
- Well managed urbanization
- Environmentalism

SSP2: Middle of the Road

- Current trends continue
- Moderate population growth
- Slowly converging incomes between industrialized and developing countries
- Delayed MDG achievement
- Reductions in resource and energy intensity at historic rates
- Environmental degradation

SSP3: Fragmentation

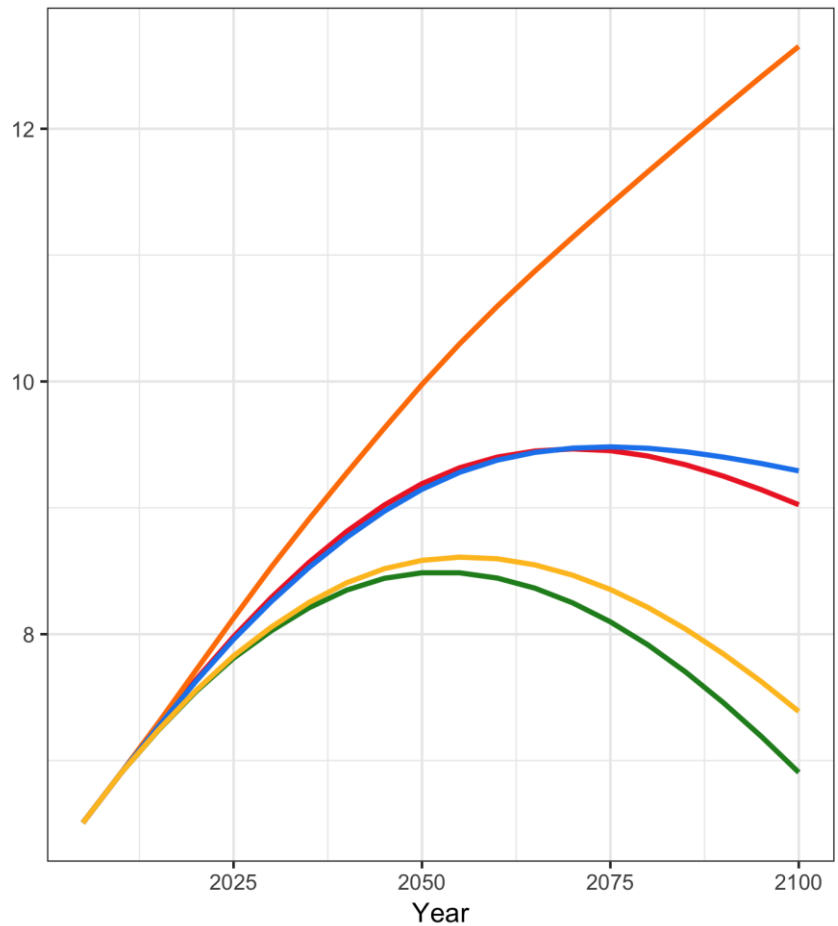
- Rapid population growth
- Slow economic growth
- Failing to achieve MDG
- High resource intensity and fossil fuel dependency
- Low investments in technology development and education
- Unplanned settlements
- Weak int'l governance and local institutions

SSP4: Inequality

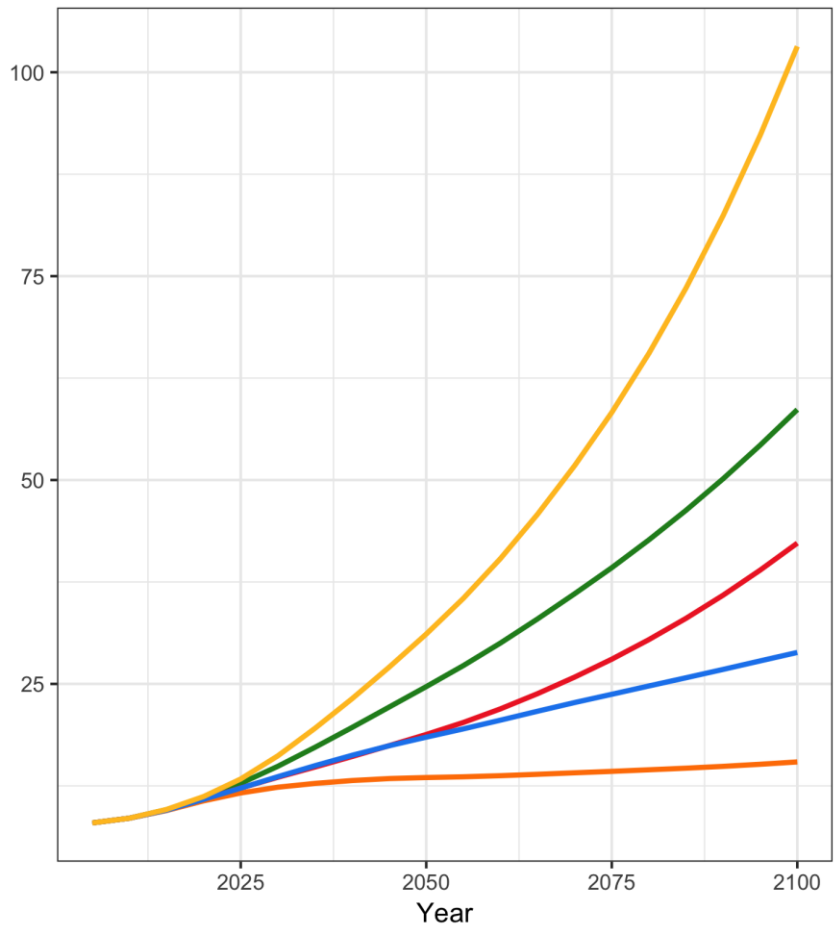
- Increasing inequality within and across countries
- Effective governance controlled by a small number of rich global elites
- Most of populations with limited access to higher education and basic services
- Energy tech R&D made by global energy corporations
- Low social cohesion

Adapted from the meeting report of the *Workshop on The Nature and Use of New Socioeconomic Pathways for Climate Change Research* https://www.isp.ucar.edu/sites/default/files/Boulder%20Workshop%20Report_0_0.pdf

Global Population [billions]

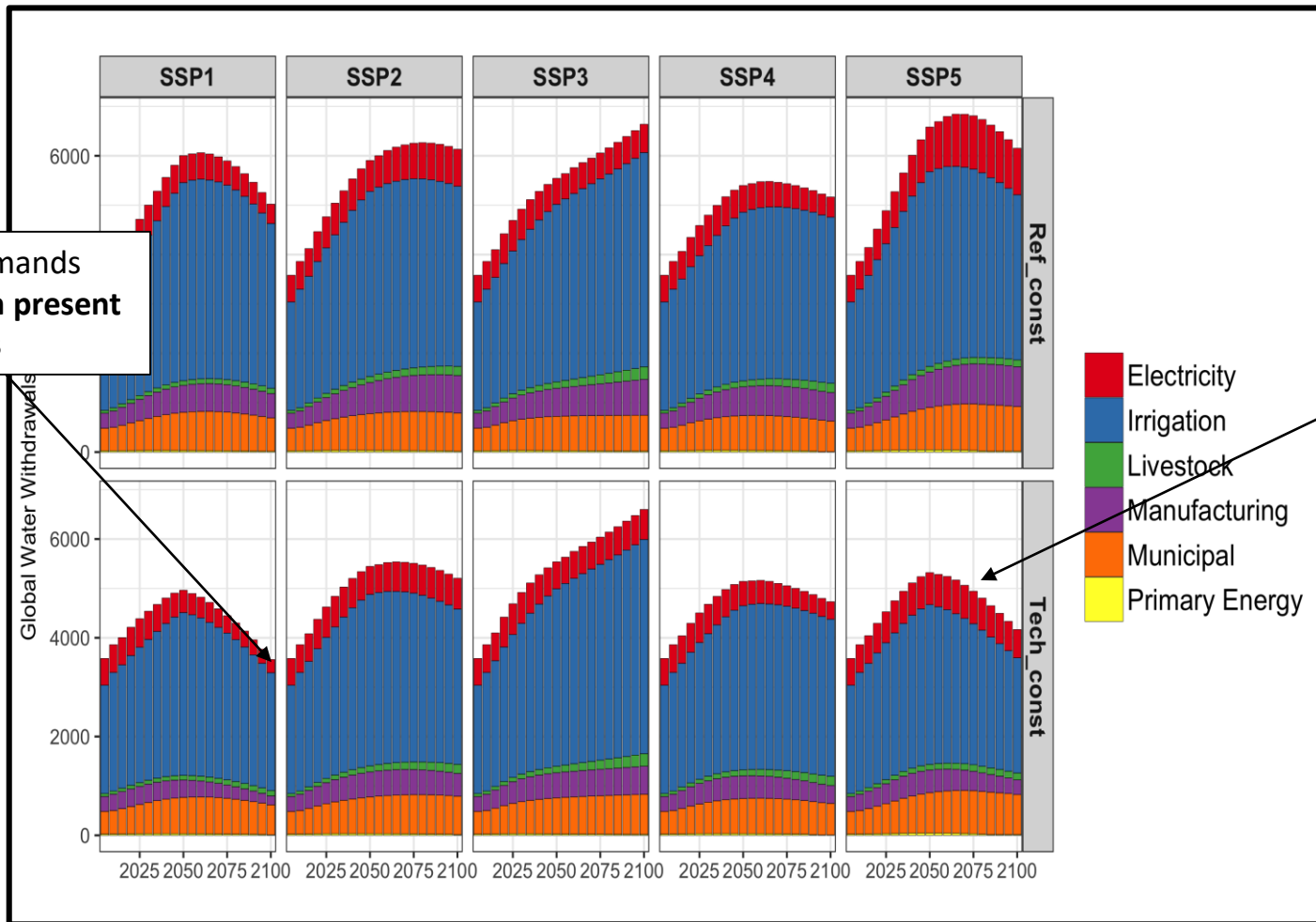


Global GDP per Capita [thous2005US\$ per person]



— SSP1 — SSP2 — SSP3 — SSP4 — SSP5

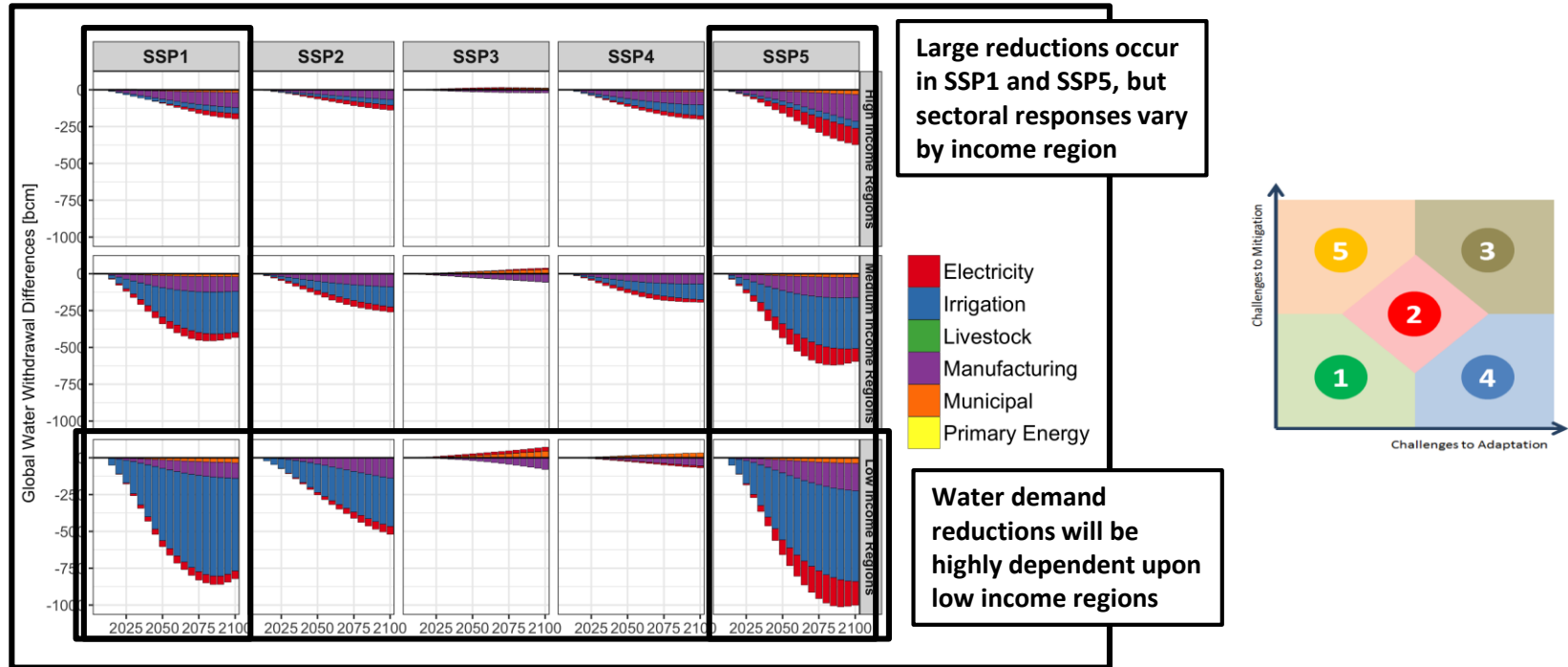
Introducción explícita del agua en los escenarios SSP



Future demands lower than present day values

Reductions brought upon by the addition of water sector assumptions

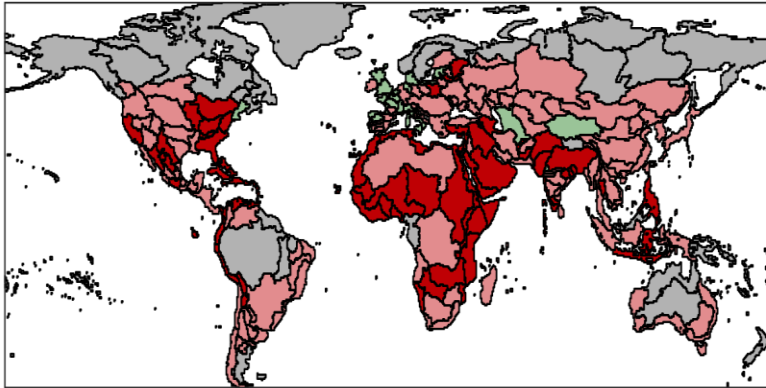
Variaciones con el nivel de ingreso



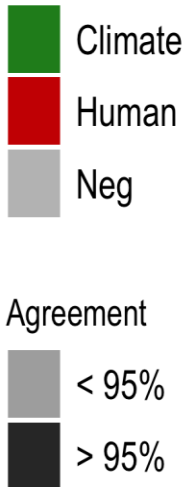
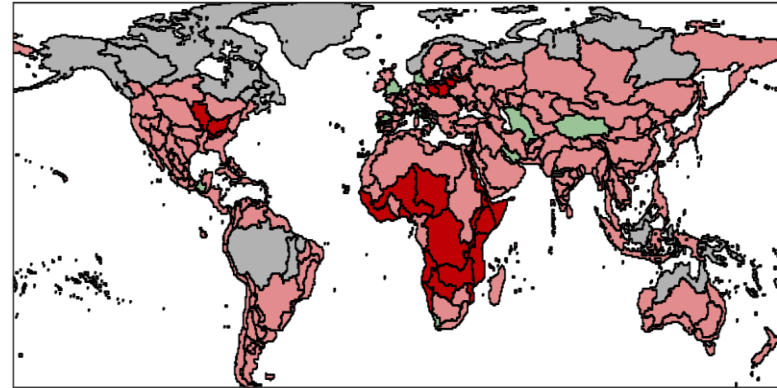
Las reducciones proyectadas más grandes se logran con inversiones en eficiencia del uso del agua en países de bajos ingresos (donde sea factible socioeconómicamente).

Atribución del cambio de la escasez hídrica (WSI)

2050 Driver of Water Scarcity Changes



2100 Driver of Water Scarcity Changes

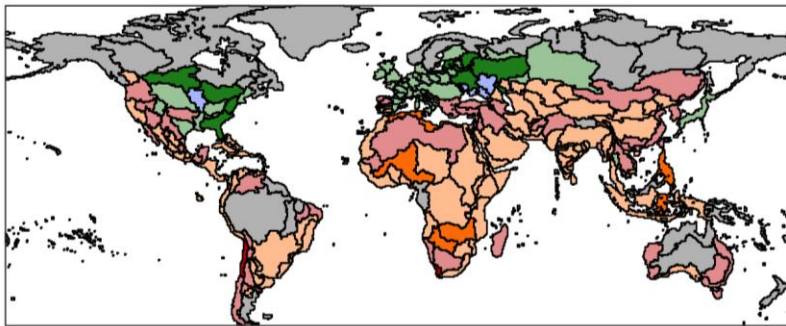


Para el 2100, el 76% de las cuencas a nivel global experimentan cambios de escasez hídrica atribuible a la actividad humana.

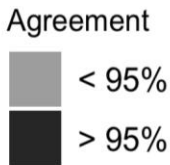
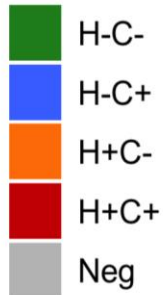
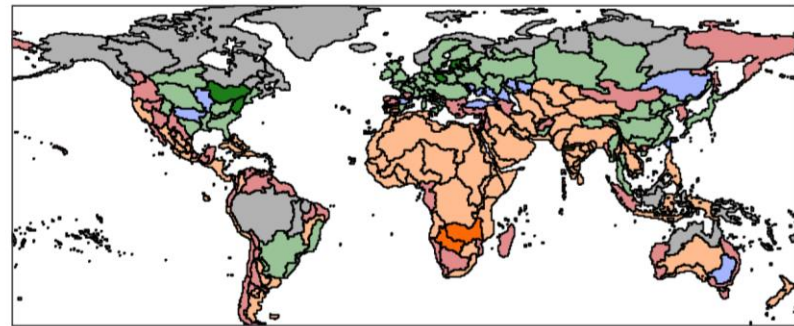
Atribución del cambio en la escasez hídrica (WSI)

	Increasing Water Scarcity (+)	Decreasing Water Scarcity (-)
Human Impact (H)	H+	H-
Climate Impact (C)	C+	C-

2050 Water Scarcity Category

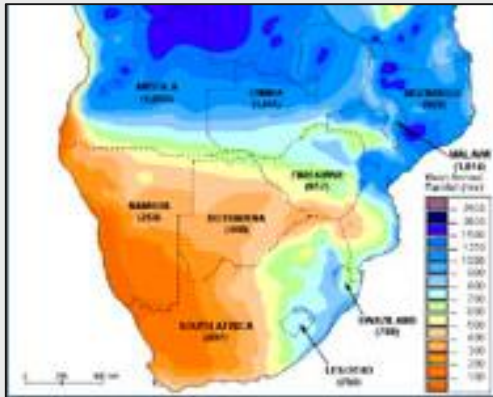


2100 Water Scarcity Category



El cambio climático y la actividad humana actúan en direcciones opuestas en la mayor parte de Africa (H+C-), mientras que actúan en la misma dirección en Europa y el este de EEUU (H-C-)

SUDAFRICA



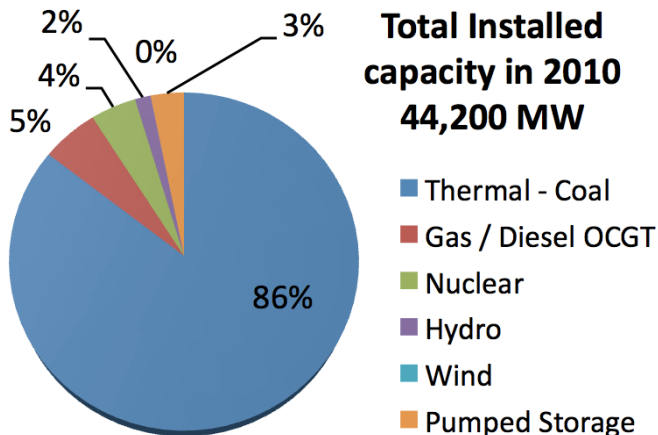
Sudáfrica es un país con escasez de agua , con cuencas sobreexplotadas y con un sistema de asignación de los recursos hídricos muy estricto y sofisticado

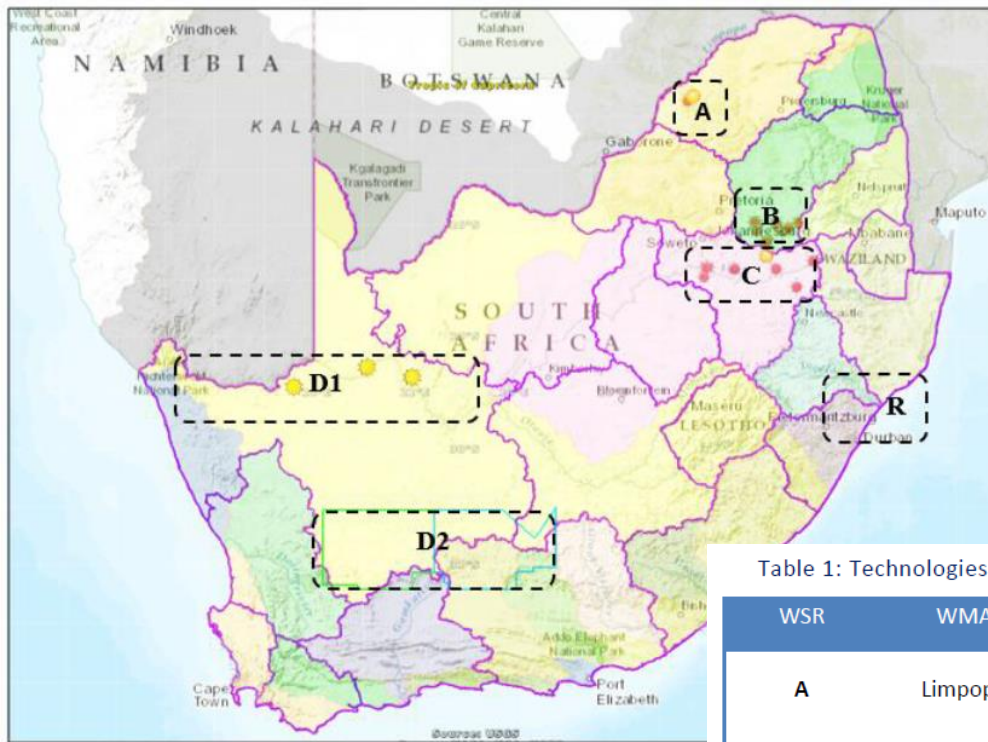
La demanda del agua esta incrementando para todos los sectores– pero las centrales eléctricas tienen prioridad por encima de otros sectores como agricultura.

El 90% de la capacidad eléctrica instalada son centrales eléctricas a carbón

Se está estudiando la posibilidad de extraer gas mediante fractura hidráulica (fracking), lo que puede causar una presión adicional sobre los recursos hídricos

**Total Installed capacity in 2010
44,200 MW**



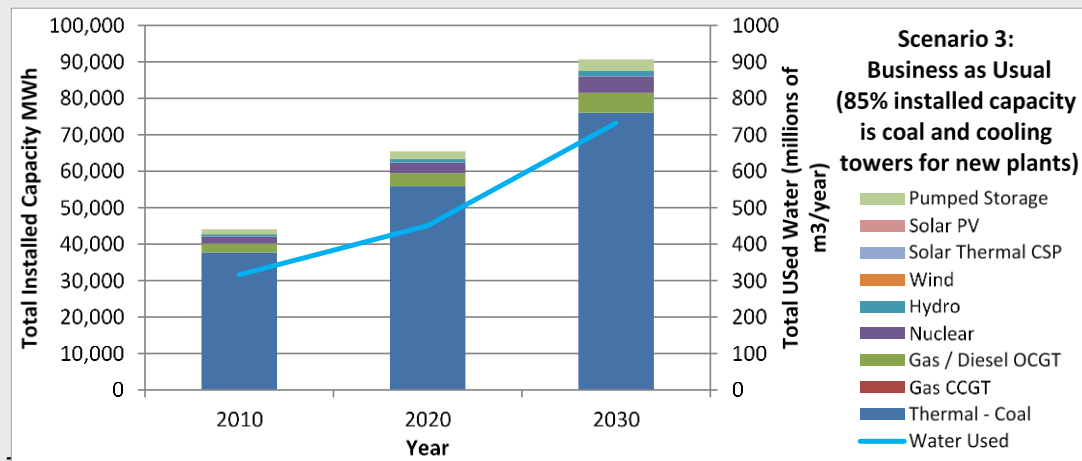
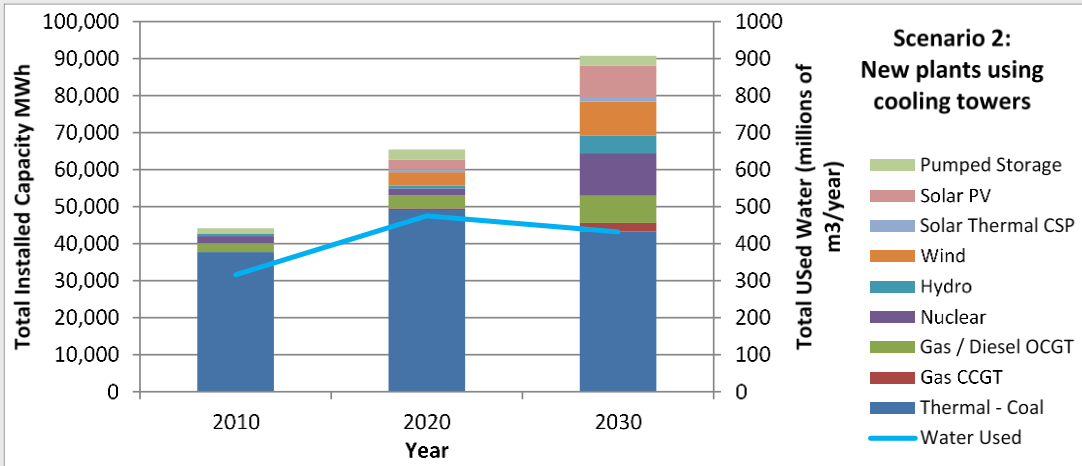
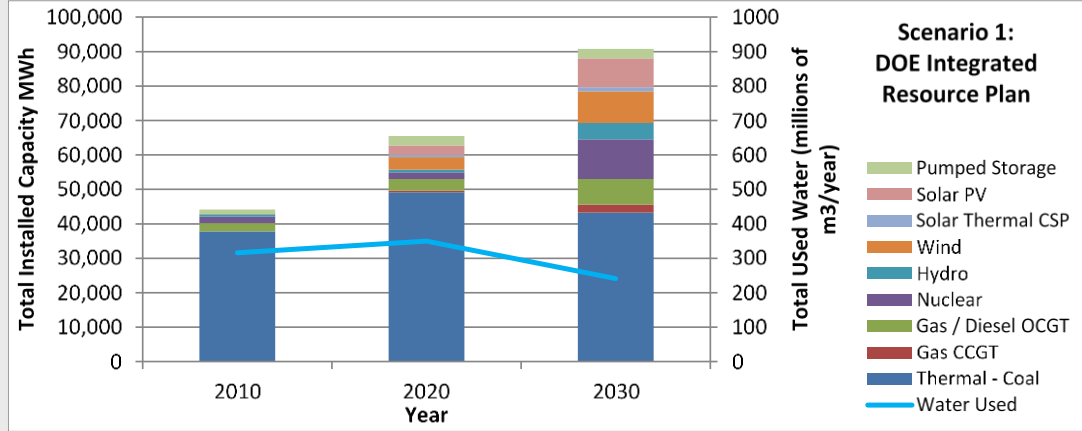


Las diferentes centrales eléctricas y zonas de extracción de combustibles se han geo-referenciado, asignándolas a la cuenca correspondiente

Table 1: Technologies represented in SATIM-W for Phase 1 implementation by water supply system.

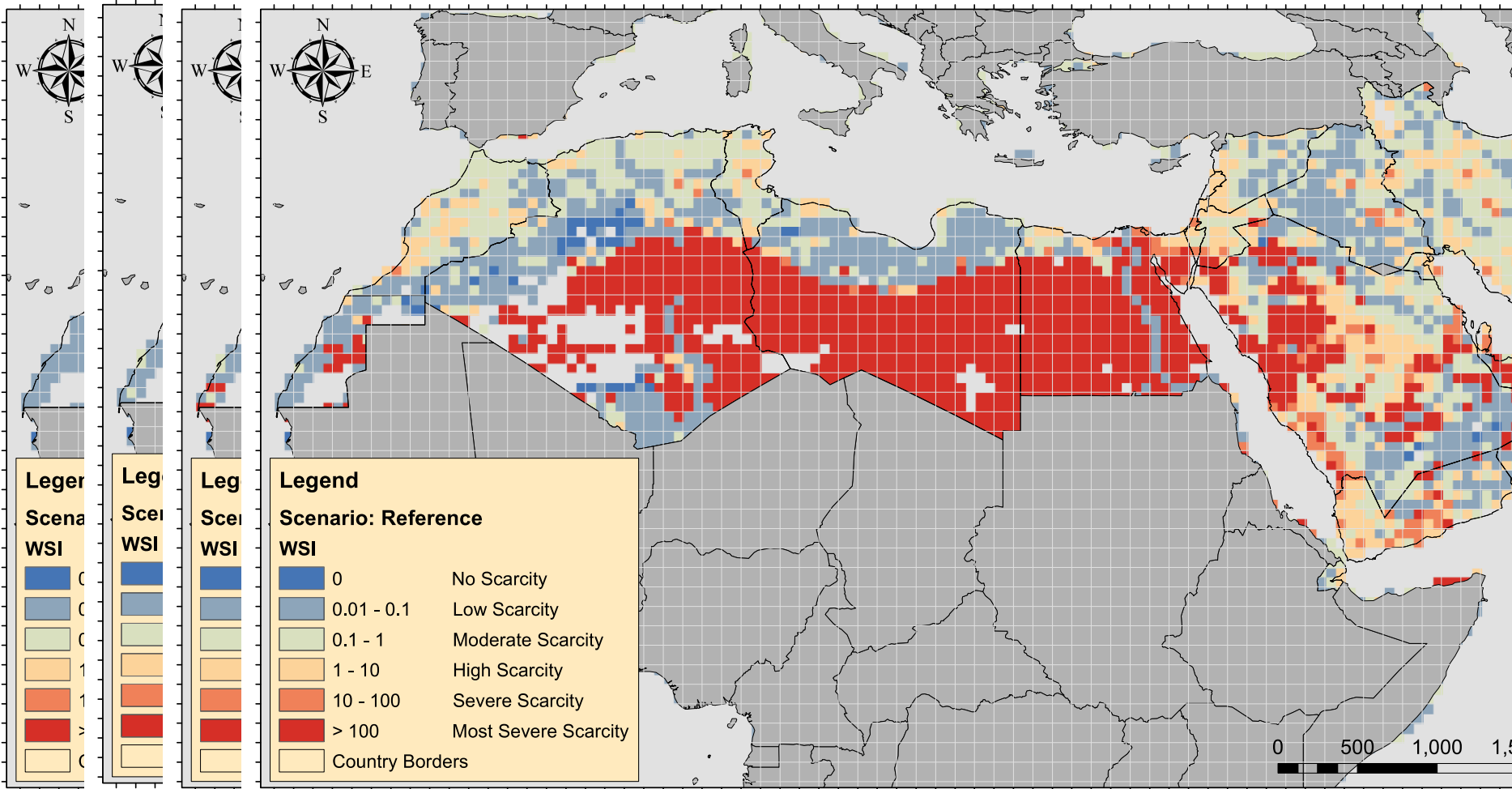
WSR	WMA	Region	Activity
A	Limpopo	Lephalale	<ul style="list-style-type: none"> Open-cast coal mining Coal thermal power plants with FGD option Coal-to-Liquids refineries
B	Olifants	Mpumalanga, Witbank	<ul style="list-style-type: none"> Open-cast & underground coal mining Coal thermal power plants with FGD option. Coal-to-Liquids refineries
C	Upper Vaal	Mpumalanga, Secunda	<ul style="list-style-type: none"> Open-cast & underground coal mining Coal thermal power plants with FDG option Inland gas thermal power plants Inland Gas-to-Liquids refineries
D1	Lower Orange	Northern Cape, Upington	<ul style="list-style-type: none"> Concentrated Solar Thermal Power Plants (CSP)
D2	Lower/Upper Orange	Northern Cape, Karoo	<ul style="list-style-type: none"> Shale gas mining Gas thermal power plants Inland gas-to-liquids refineries
R	n/a	Richards Bay Coal Export Terminal	<ul style="list-style-type: none"> Coastal open-cycle coal power plants with seawater cooling and seawater FGD option

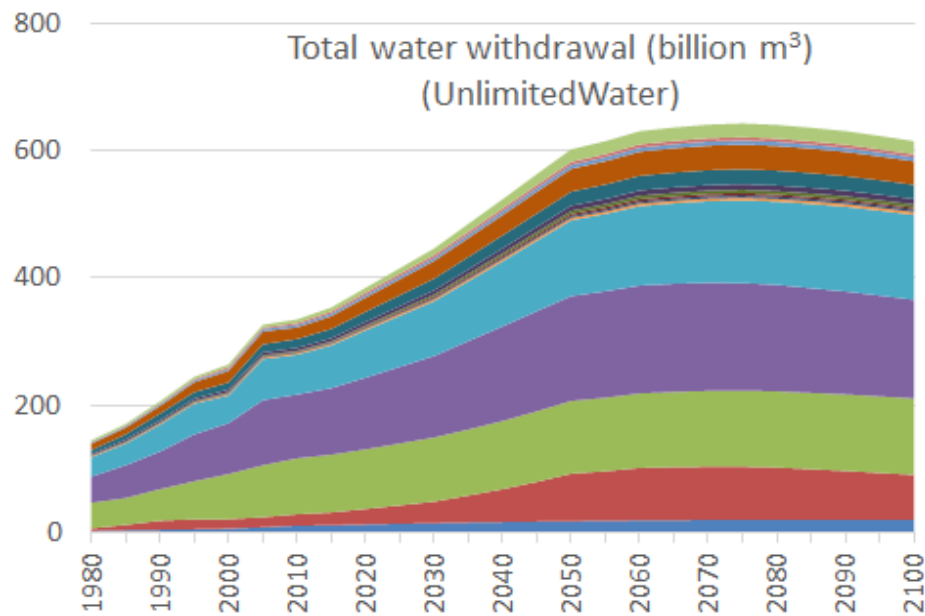
In SATIM-W the cooling systems for thermal power plants may be either closed-cycle wet-cooled or direct dry-cooled. The model is free to choose the cooling type, except for open-cycle wet-cooled plants which are restricted to the coastal region, as part of determining the least-cost energy-water integrated system.



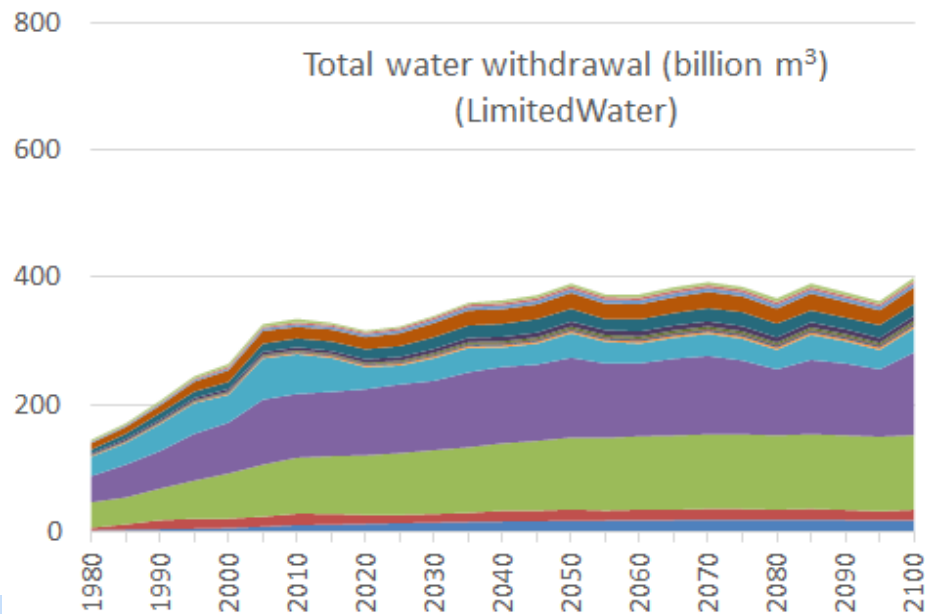
Water Scarcity Index (WSI) for the Middle East and North Africa (MENA) Region

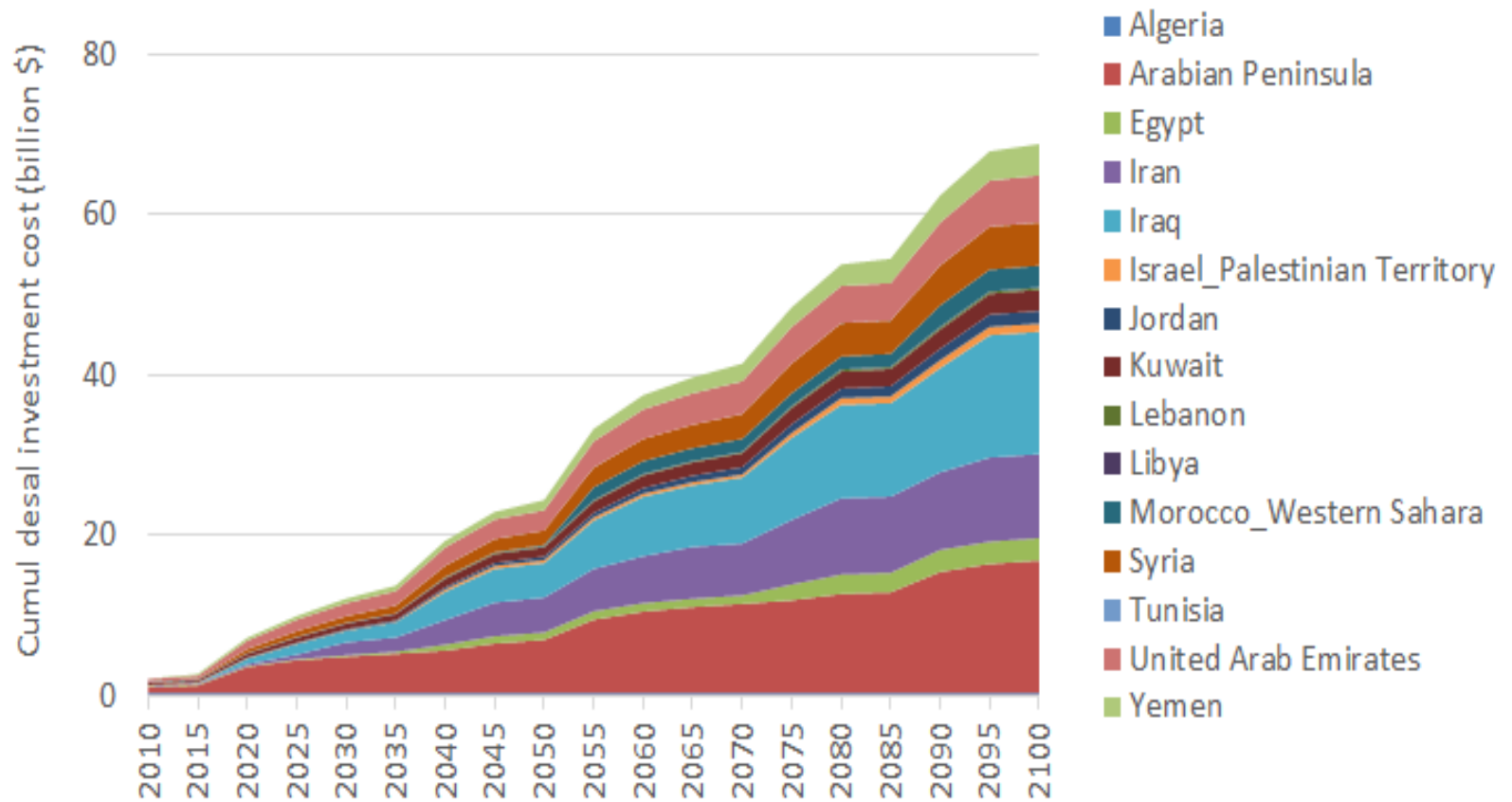
2100





- Algeria
- Arabian Peninsula
- Egypt
- Iran
- Iraq
- Israel_Palestinian Territory
- Jordan
- Kuwait
- Lebanon
- Libya
- Morocco_Western Sahara
- Syria
- Tunisia
- United Arab Emirates
- Yemen





Mensajes Clave

- Tesis: En América Latina, el problema de la seguridad hídrica debe enmarcarse en una visión integrada (nexo), particularmente con el agua y uso de la tierra; **la solución(es) no es sectorial** (e.g., tradeoffs, co-beneficios), o mejor dicho, **las soluciones sectoriales siempre van a ser subóptimas**.
- Hipótesis: Existe suficiente evidencia para realizar inversiones en “infraestructura de calidad”: esto significa **infraestructura natural/verde, infraestructura de ciencia y tecnología, e infraestructura humana/socioeconómica**.
- Opinión: Es importante recalcar el valor de fuentes de información (datos, modelos, proyecciones, escenarios) confiables. **Si las mismas se utilizan para tomar decisiones importantes, deben estar avaladas por conocimiento actualizado y reconocido**.

Agradecimientos



- Consejo Políticas de Infraestructura (CPI)
- Banco Interamericano de Desarrollo (IDB)
- Ministerio de Obras Públicas



Una reflexión final...



THE
B
SH
THIS IS

“Fresh, clean water cannot be taken for granted. And it is not — water is political, and litigious. Transporting water is impractical for both political and physical reasons, so buying up water rights did not make a lot of sense to me, unless I was pursuing a greater fool theory of investment — which was not my intention. What became clear to me is that food is the way to invest in water. That is, grow food in water-rich areas and transport it for sale in water-poor areas. This is the method for redistributing water that is least contentious, and ultimately it can be profitable, which will ensure that this redistribution is sustainable.”

-Michael Burry, NY Mag, 2015

