

# El cambio climático en Bolivia hasta 2100: Impactos sobre bosques y biodiversidad

---

Lykke E. Andersen  
landersen@inesad.edu.bo

Seminario: Universidades hacen frente al cambio climático  
La Paz, 12 de septiembre del 2013



# Contenido de la exposición:

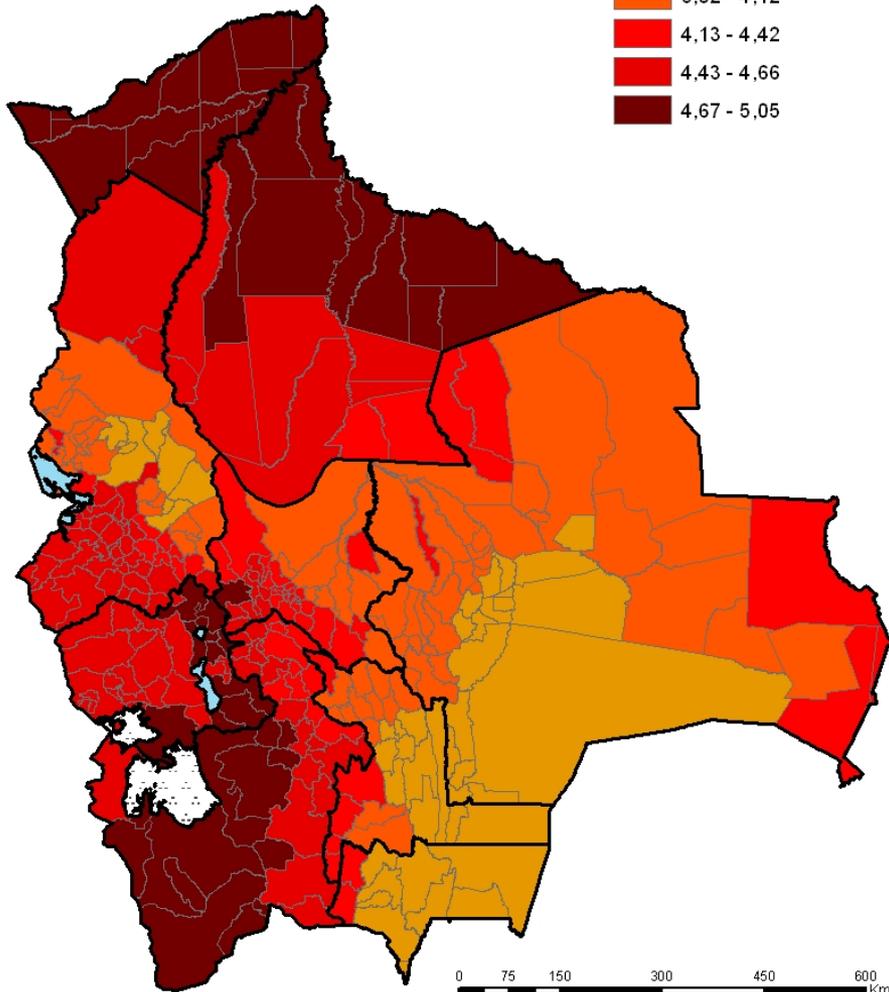
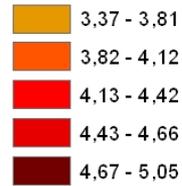
---

- Cambio climático, bosques y biodiversidad (resumen del estudio hecho para BID-CEPAL)
- ¿Qué pueden hacer las universidades?

# Cambios en temperaturas medias ( $^{\circ}\text{C}$ ) entre 1961-1990 y 2071-2100 (PRECIS):

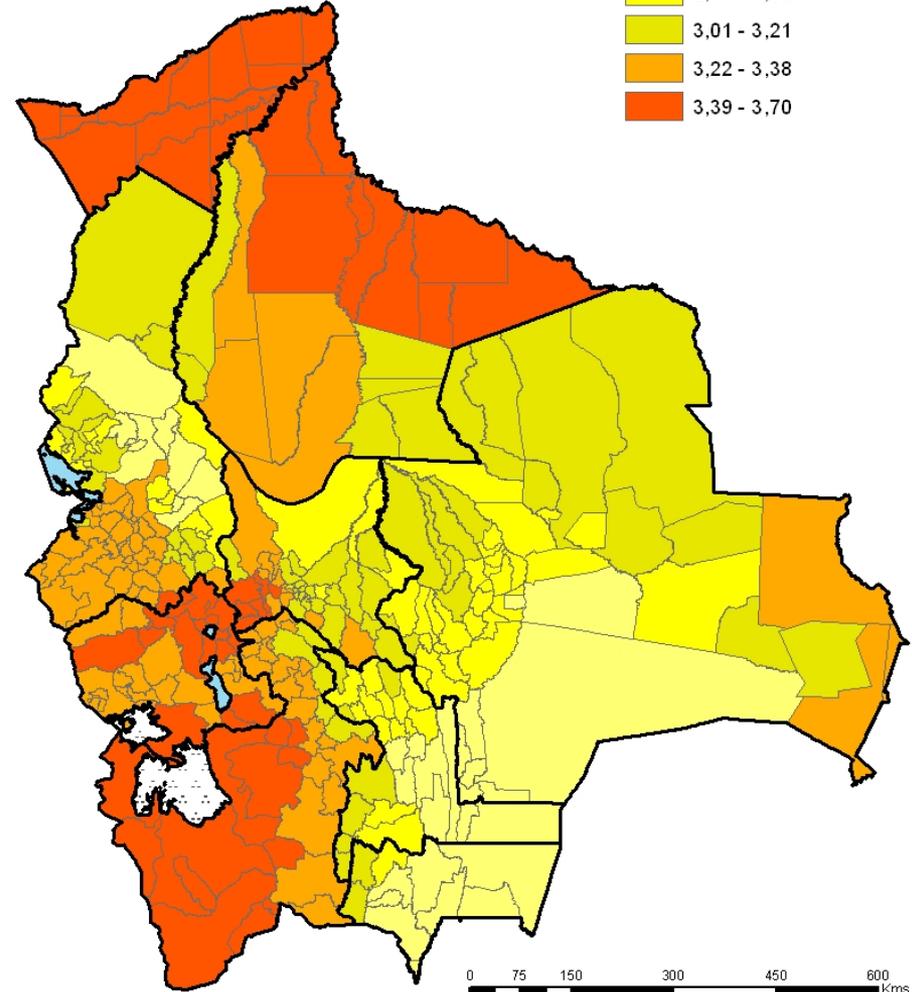
A2

Municipios  
Variación en Temperatura



B2

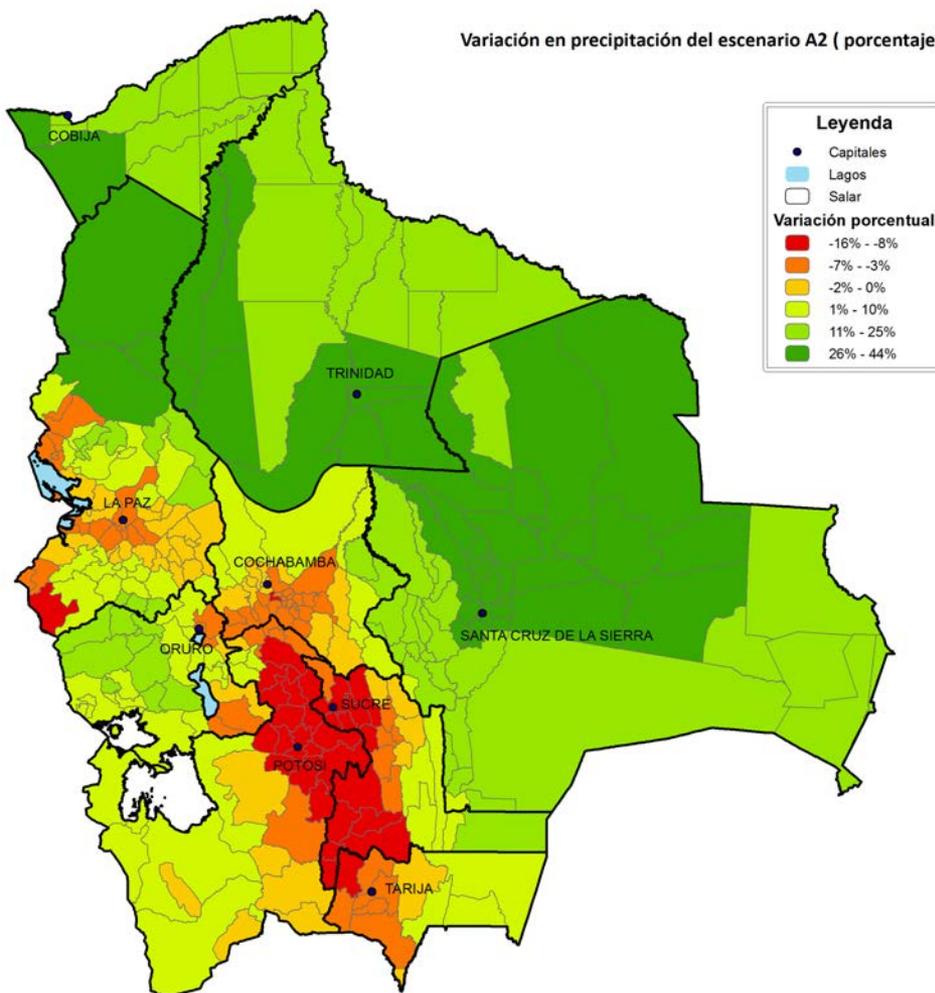
Municipios  
Variación en Temperatura



# Cambios en precipitación anual (%) entre 1961-1990 y 2071-2100 (PRECIS):

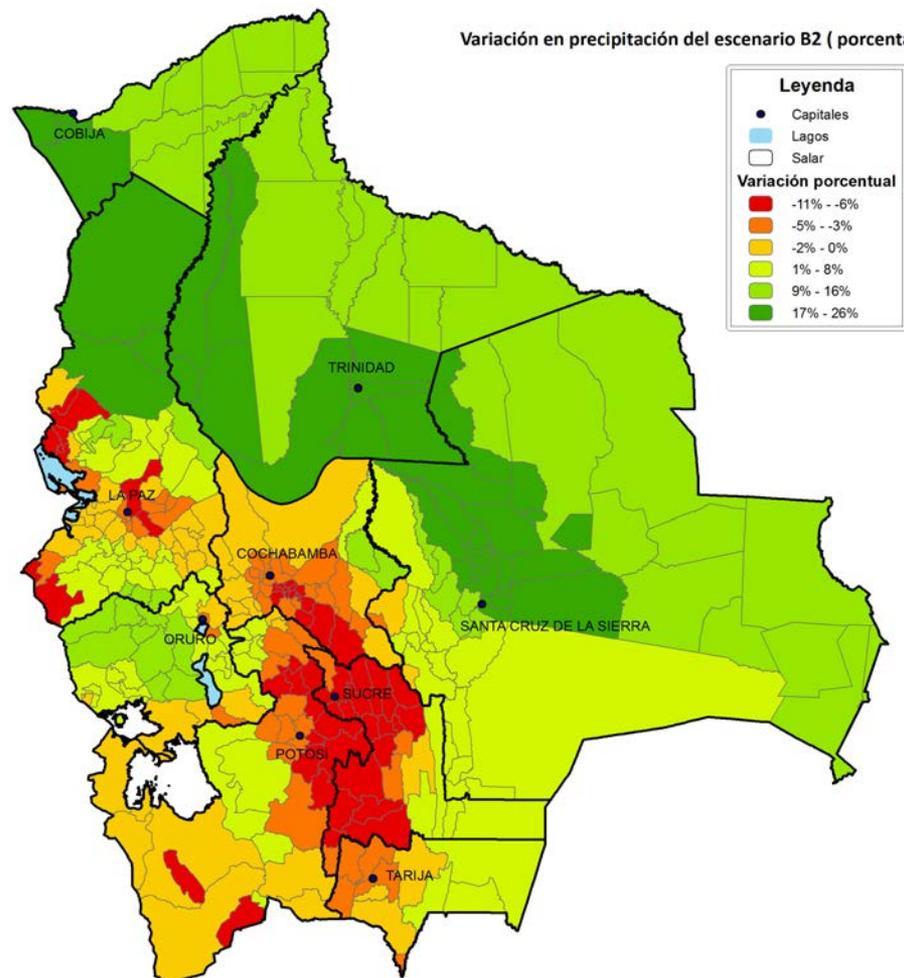
## A2

Variación en precipitación del escenario A2 (porcentaje)



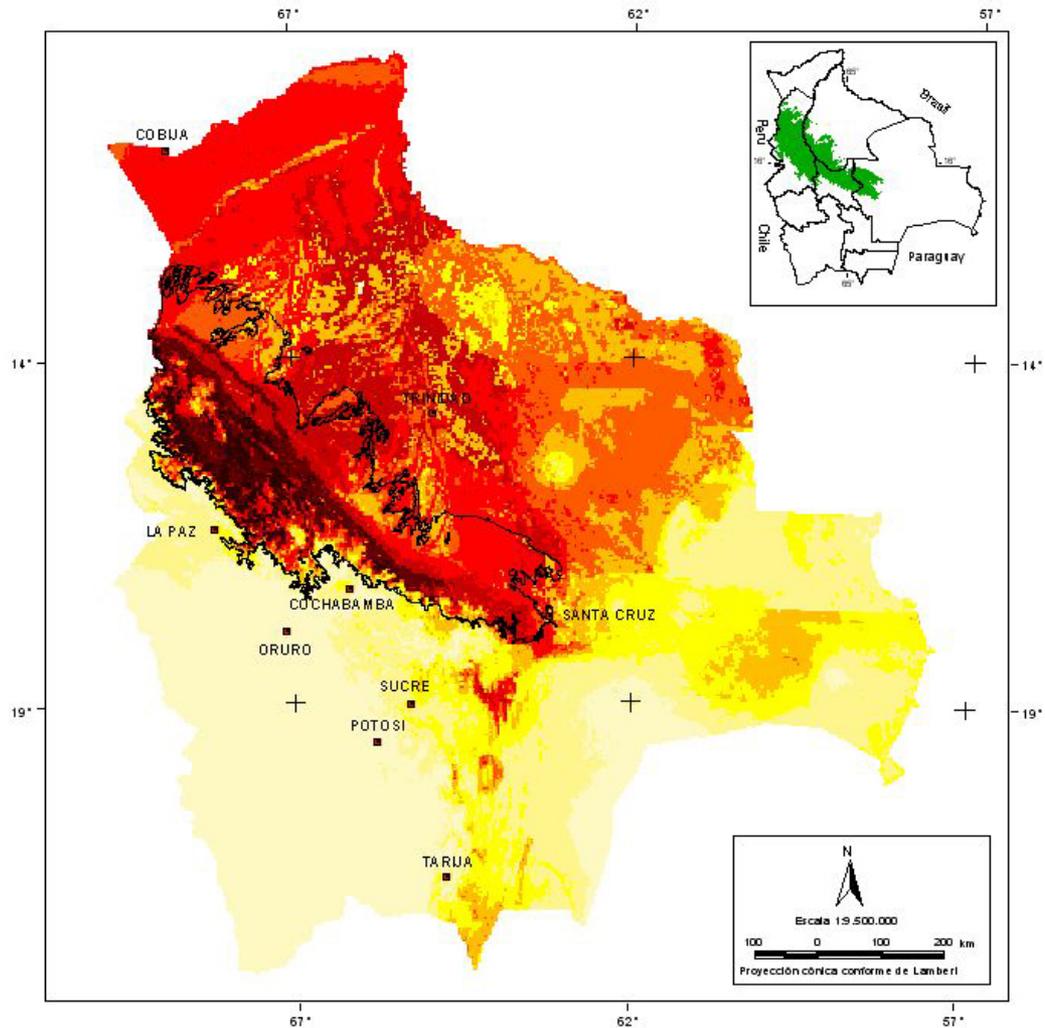
## B2

Variación en precipitación del escenario B2 (porcentaje)



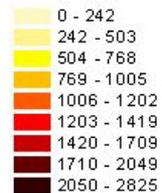
# Estudios sectoriales: Bosque y biodiversidad





### RIQUEZA ABSOLUTA DE ESPECIES

**Riqueza absoluta de especies**  
(usando 17 grupos de plantas y animales como taxonizadores)



**Signos convencionales**

- Capital departamental
- Límite del CAM

**Fuente:**

Elaborado según Nowicki 2004.

elaborador por:



para:



Fuente: FAN (2005)

# Modelo econométrico que explica Riqueza de Especies:

**Cuadro N° 1: Modelo municipal de Riqueza de Especies**

<b>Variable explicativo</b>	<b>Coefficiente estimado</b>	
Constante	716.670	(4.43) ***
Temperatura Promedia	-8.732	(-1.56)
Precipitación Promedia	-1157.148	(-4.06) ***
Precipitación Promedia <sup>2</sup>	2979.472	(7.04) ***
Precipitación Promedia <sup>3</sup>	-1297.745	(-6.77) ***
Precipitación Promedia <sup>4</sup>	184.146	(5.91) ***
Desviación Estándar de Temperatura Diaria	-238.570	(-3.69) ***
Desviación Estándar de Precipitación Diaria	150.245	(5.90) ***
Topografía	-8.390	(-5.42) ***
Topografía <sup>2</sup>	0.122	(7.42) ***
Altura	-0.082	(-2.97) ***
	# obs = 327	R <sup>2</sup> = 0.8776

**Fuente:** Estimación propia.

**Notas:** Los números en paréntesis son estadísticas t.

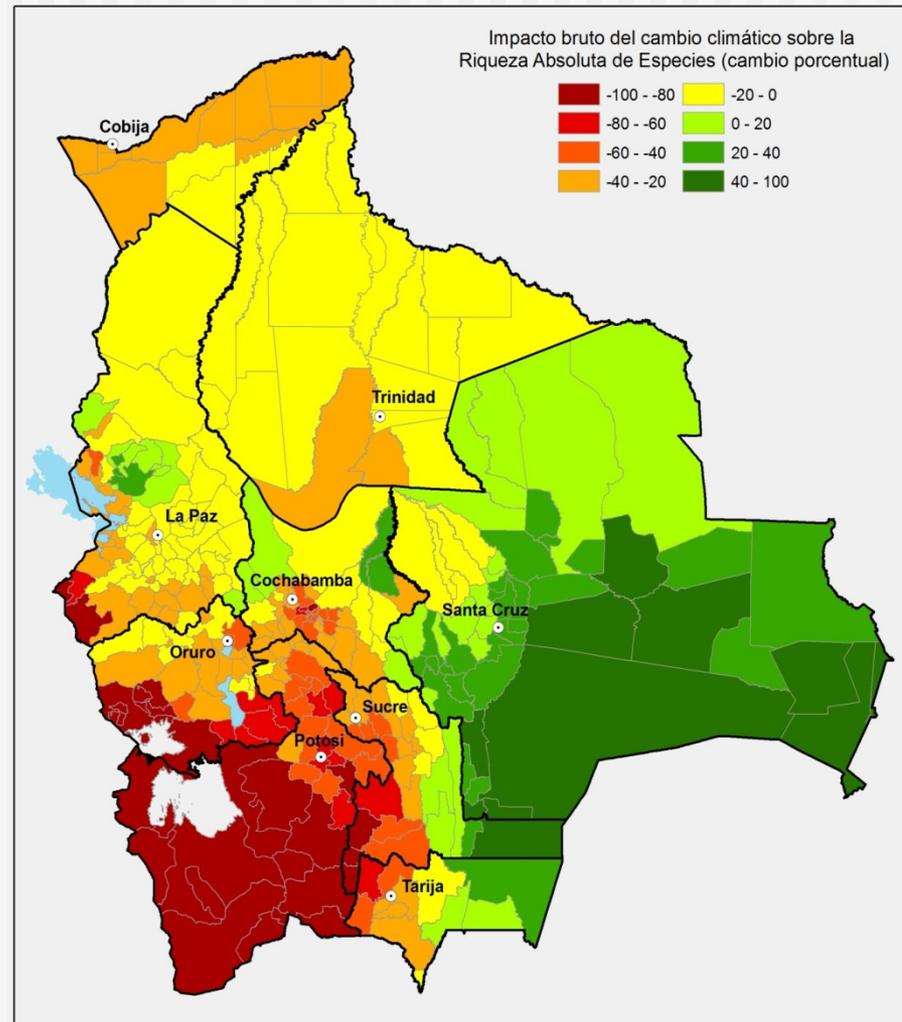
\* Significativo a nivel 10%,

\*\* Significativo a nivel 5%,

\*\*\* Significativo al nivel 1%.

# Impacto directo sobre Riqueza de Especies:

Simulación del impacto de los cambios climáticos del escenario A2, manteniendo todas las otras variables constantes (es decir, sin tomar en cuenta la deforestación):



# Impacto bruto sobre Riqueza de Especies:

**Cuadro 2**

**Impactos brutos del cambio climático 1990-2100 sobre la RAE (sin tomar en cuenta la deforestación y la fertilización de CO<sub>2</sub>), por departamento y vía de impacto, bajo el escenario A2 en Bolivia**  
**(cambio porcentual en el número de especies por píxel)**

<b>Departamento</b>	<b>Por cambio en temperatura</b>	<b>Por cambio en precipitación</b>	<b>Por cambio en variabilidad de temperaturas</b>	<b>Por cambio en variabilidad de precipitación</b>	<b>Impacto bruto del cambio climático</b>
Beni	n.s.	1%	-15%	5%	-9%
Chuquisaca	n.s.	-2%	-13%	2%	-13%
Cochabamba	n.s.	2%	-12%	4%	-6%
La Paz	n.s.	-3%	-13%	5%	-11%
Oruro	n.s.	11%	-109%	46%	-51%
Pando	n.s.	1%	-25%	4%	-21%
Potosí	n.s.	-17%	-124%	27%	-100%
Santa Cruz	n.s.	27%	-8%	5%	25%
Tarija	n.s.	0%	-7%	3%	-5%
<b>Bolivia</b>	<b>n.s.</b>	<b>8%</b>	<b>-15%</b>	<b>5%</b>	<b>-1%</b>

Fuente: Estimación propia.

Nota: Promedios ponderados por el área de cada municipio.

n.s. = no es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 90%.

# Impacto bruto sobre Riqueza de Especies:

## Cuadro 3

**Impactos brutos del cambio climático 1990-2100 sobre la RAE (sin tomar en cuenta la deforestación y la fertilización de CO<sub>2</sub>), por eco-región, bajo el escenario A2 en Bolivia (cambio porcentual en el número de especies por píxel)**

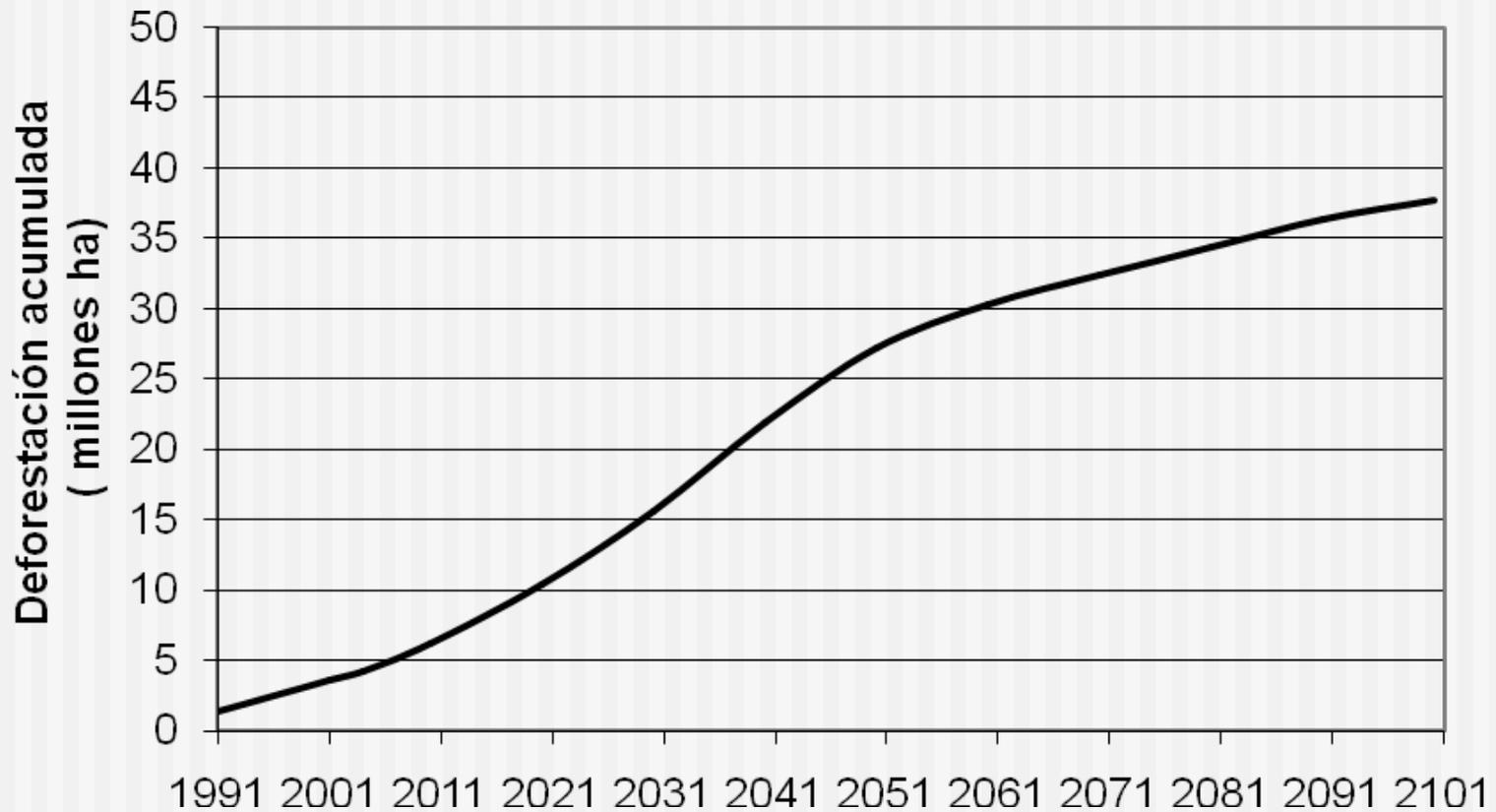
<b>Departamento</b>	Riqueza de especies inicial (número de especies por píxel)	Impacto del cambio climático previsto hasta 2100 (cambio porcentual en número de especies por píxel)
Puna y vegetación alto andina	209	-43%
Bosque montañoso	1194	-9%
Chaco y Chiquitano	513	+41%
Sabanas	1178	-4%
Bosque inundable	1229	-11%
Bosque amazónico	1112	-1%
<b>Bolivia</b>	<b>814</b>	<b>-1%</b>

Fuente: Estimación propia.

Nota: Promedios ponderados por el área de cada municipio.

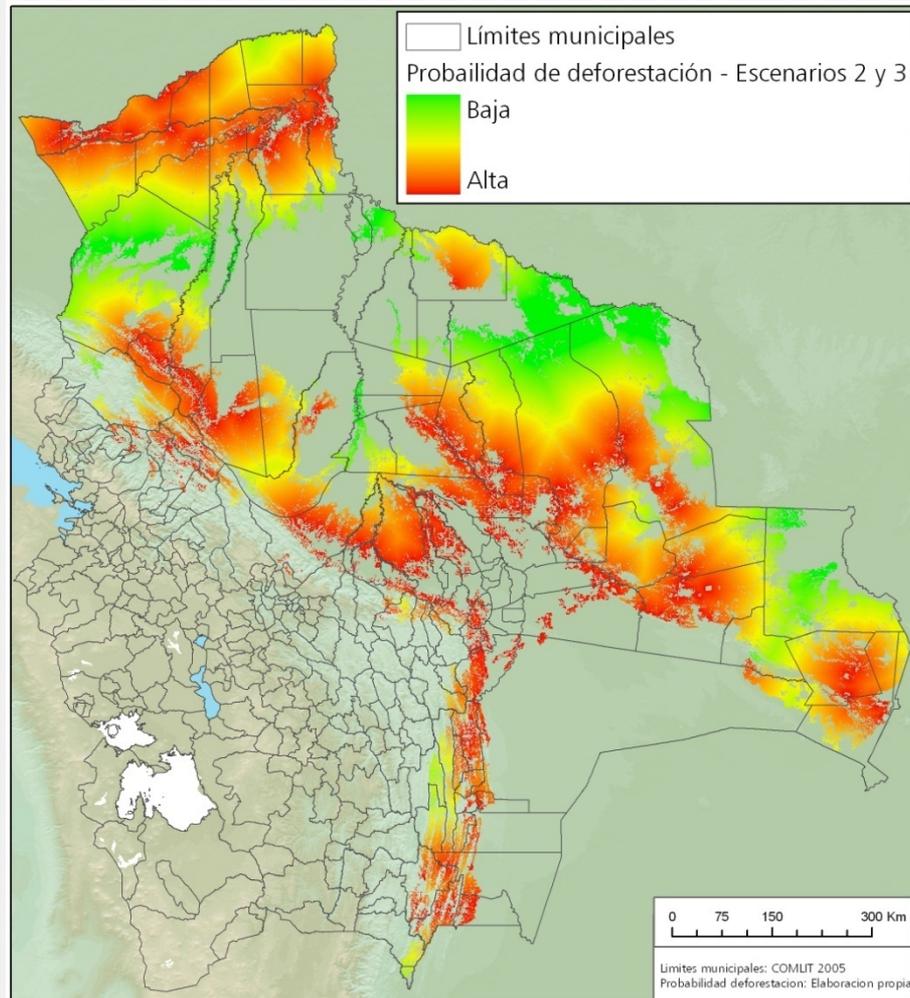
# Escenario base: Deforestación:

Proyección de deforestación a nivel nacional:



# Escenario base: Deforestación:

Probabilidades de  
deforestación:



# Impacto neto sobre Riqueza de Especies:

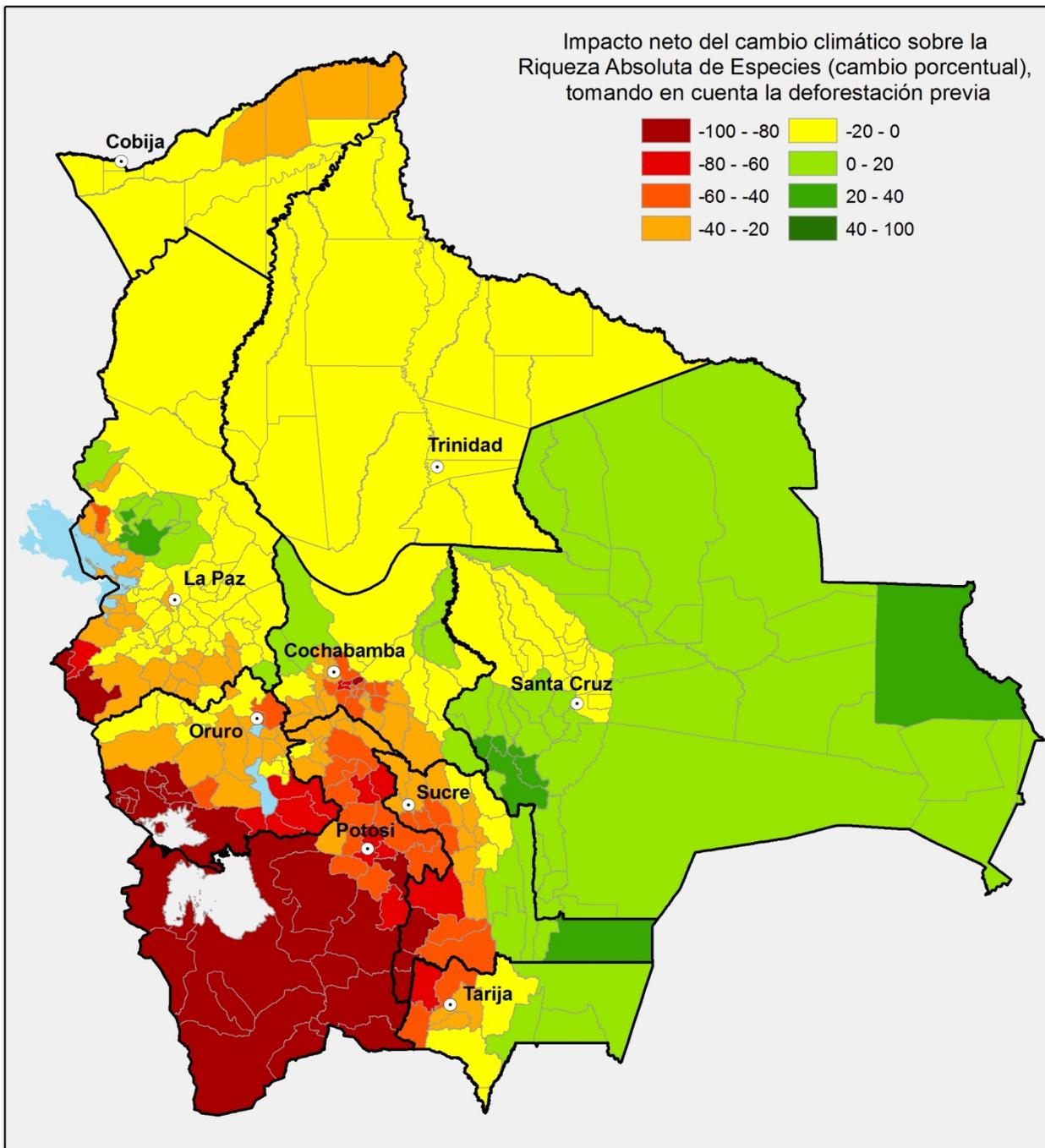
**Cuadro 5**  
**Impactos sobre la RAE (número de especies por píxel), 1990-2100,**  
**bajo el escenario A2, por departamento en Bolivia**

<b>Departamento</b>	Riqueza de especies inicial (número de especies por píxel)	Impacto de la deforestación (cambio porcentual en el número de especies por píxel)	Impacto neto del cambio climático (tomando en cuenta la deforestación previa) (cambio porcentual en número de especies por píxel)
Beni	1252	-65%	-1%
Chuquisaca	460	-11%	-18%
Cochabamba	943	-38%	-5%
La Paz	1110	-42%	-3%
Oruro	113	0%	-51%
Pando	1290	-43%	-9%
Potosí	93	0%	-100%
Santa Cruz	751	-72%	+3%
Tarija	473	-42%	-7%
<b>Bolivia</b>	<b>814</b>	<b>-57%</b>	<b>-3%</b>

Fuente: Estimación propia.

Nota: Promedios ponderados por el área de cada municipio.

Impacto neto del cambio climático sobre la  
Riqueza Absoluta de Especies (cambio porcentual),  
tomando en cuenta la deforestación previa



# Impacto neto sobre Riqueza de Especies:

**Cuadro 6**  
**Impactos del cambio climático del escenario A2 sobre la RAE (tomando en cuenta la deforestación), por eco-región (cambio porcentual en número de especies por píxel)**

<b>Ecosistema dominante</b>	<b>Riqueza de especies inicial</b>	<b>Impacto del cambio climático previsto hasta 2100 (cambio porcentual)</b>
Puna y vegetación alto andina	<b>209</b>	<b>-43%</b>
Bosque montañoso	<b>1194</b>	<b>-2%</b>
Chaco y Chiquitano	<b>513</b>	<b>+6%</b>
Sabanas	<b>1178</b>	<b>-1%</b>
Bosque inundable	<b>1229</b>	<b>0%</b>
Bosque amazónico	<b>1112</b>	<b>-3%</b>
<b>Bolivia</b>	<b>814</b>	<b>-3%</b>

Fuente: Estimación propia.

Nota: Promedios ponderados por el área de cada municipio.

# El efecto de fertilización de CO<sub>2</sub>:

---

Mientras que los humanos y los animales necesitan oxígeno para respirar y vivir, las plantas necesitan CO<sub>2</sub>.

Sin embargo, mientras que el oxígeno es relativamente abundante (una de cada cinco moléculas en la atmósfera es oxígeno), el CO<sub>2</sub> es muy escaso (una por cada 2.500 moléculas).

# El efecto de fertilización de CO<sub>2</sub>:

---

Para cuantificar el efecto de fertilización de CO<sub>2</sub> sobre la productividad primaria neta, usamos la ecuación de Bacastov y Keeling (1973):

$$PPN(C_{2100}) = PPN(C_{2000}) \left[ 1 + \gamma \ln \left( \frac{C_{2100}}{C_{2000}} \right) \right]$$

Escenario A2: 360 ppm → 800 ppm

Escenario B2: 360 ppm → 600 ppm.

# El efecto de fertilización de CO<sub>2</sub>:

**Cuadro 7**  
**Impacto de los cambios en la fertilización de CO<sub>2</sub> (2000-2100)**  
**sobre la productividad primaria neta, por eco-región, Bolivia**

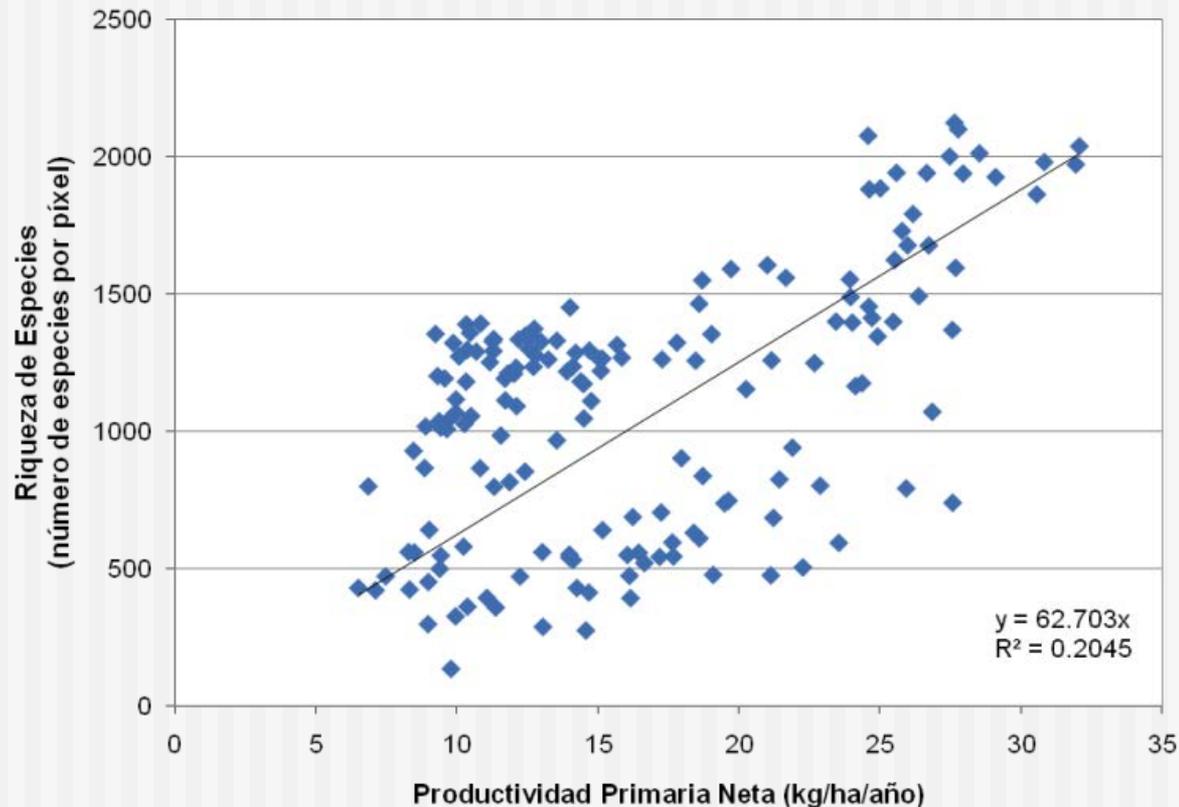
<b>Ecosistema dominante</b>	<b>PPN 2000 (kg/ha/año)</b>	<b>Factor de crecimiento</b>	<b>Aumento PPN, 2000-2100, Escenario A2</b>	<b>Aumento PPN, 2000-2100, Escenario B2</b>
Puna y vegetación alto andina	<b>9,38</b>	<b>0,43</b>	<b>34%</b>	<b>22%</b>
Bosque montañoso	<b>10,21</b>	<b>0,26</b>	<b>21%</b>	<b>13%</b>
Chaco y Chiquitano	<b>11,48</b>	<b>0,26</b>	<b>21%</b>	<b>13%</b>
Sabanas	<b>8,59</b>	<b>0,48</b>	<b>38%</b>	<b>25%</b>
Bosque inundable	<b>11,95</b>	<b>0,14</b>	<b>11%</b>	<b>7%</b>
Bosque amazónico	<b>18,90</b>	<b>0,14</b>	<b>11%</b>	<b>7%</b>
<b>Bolivia</b>	<b>11,67</b>	<b>0,32</b>	<b>25%</b>	<b>16%</b>

Fuente: Estimación propia.

# El efecto de fertilización de CO<sub>2</sub>:

**Gráfico 5**

**Relación entre productividad primaria neta y riqueza de especies en Bolivia, a nivel municipal, 2000**



# El efecto de fertilización de CO<sub>2</sub>:

## Cuadro 8

**Estimación del impacto de la productividad primaria neta sobre la riqueza de especies, controlando por factores climáticos y topográficos, Bolivia 2000**

Variable explicativa	Coeficiente estimado	
Constante	475.095	(3.17) ***
Temperatura promedio	-3.994	(-0.78)
Precipitación promedio	-448.760	(-1.64)
Precipitación promedio <sup>2</sup>	1644.600	(4.47) ***
Precipitación promedio <sup>3</sup>	-826.773	(-4.50) ***
Precipitación promedio <sup>4</sup>	116.327	(3.94) ***
Desviación estándar de temperaturas	-279.984	(-4.74) ***
Desviación estándar de precipitación	78.772	(3.19) ***
Topografía	-9.366	(-6.63) ***
Topografía <sup>2</sup>	0.120	(8.06) ***
Altura	-0.064	(-2.53) **
Productividad primaria neta	18.025	(8.19) ***
	# obs = 327	R <sup>2</sup> = 0.8955

Fuente: Estimación propia.

Notas: Los números entre paréntesis son estadísticas t.

\* Significativo al 10%, \*\* significativo al 5%, \*\*\* significativo al 1%.

# El efecto de fertilización de CO<sub>2</sub>:

$$RAE_{i,cf} = RAE_{i,sf} + \delta \cdot PPN_{i,C2000} \cdot \gamma_i \cdot \ln \left( \frac{C_{2100}}{C_{2000}} \right)$$

## Cuadro 9

**Impacto de fertilización de CO<sub>2</sub> sobre la riqueza de especies en Bolivia (cambio porcentual en el número de especies por píxel), 1990-2100, bajo el escenario A2, por departamento**

Departamento	Riqueza de especies inicial (número de especies por píxel)	Impacto de la fertilización de CO <sub>2</sub> (cambio porcentual en el número de especies por píxel)
Beni	1.252	+3%
Chuquisaca	460	+11%
Cochabamba	943	+4%
La Paz	1.110	+4%
Oruro	113	+35%
Pando	1.290	+3%
Potosí	93	+73%
Santa Cruz	751	+6%
Tarija	473	+9%
<b>Bolivia</b>	<b>814</b>	<b>+6%</b>

Fuente: Estimación propia.

Nota: Promedios ponderados por el área de cada municipio.

# Impacto final del cambio climático:

**Cuadro 10**

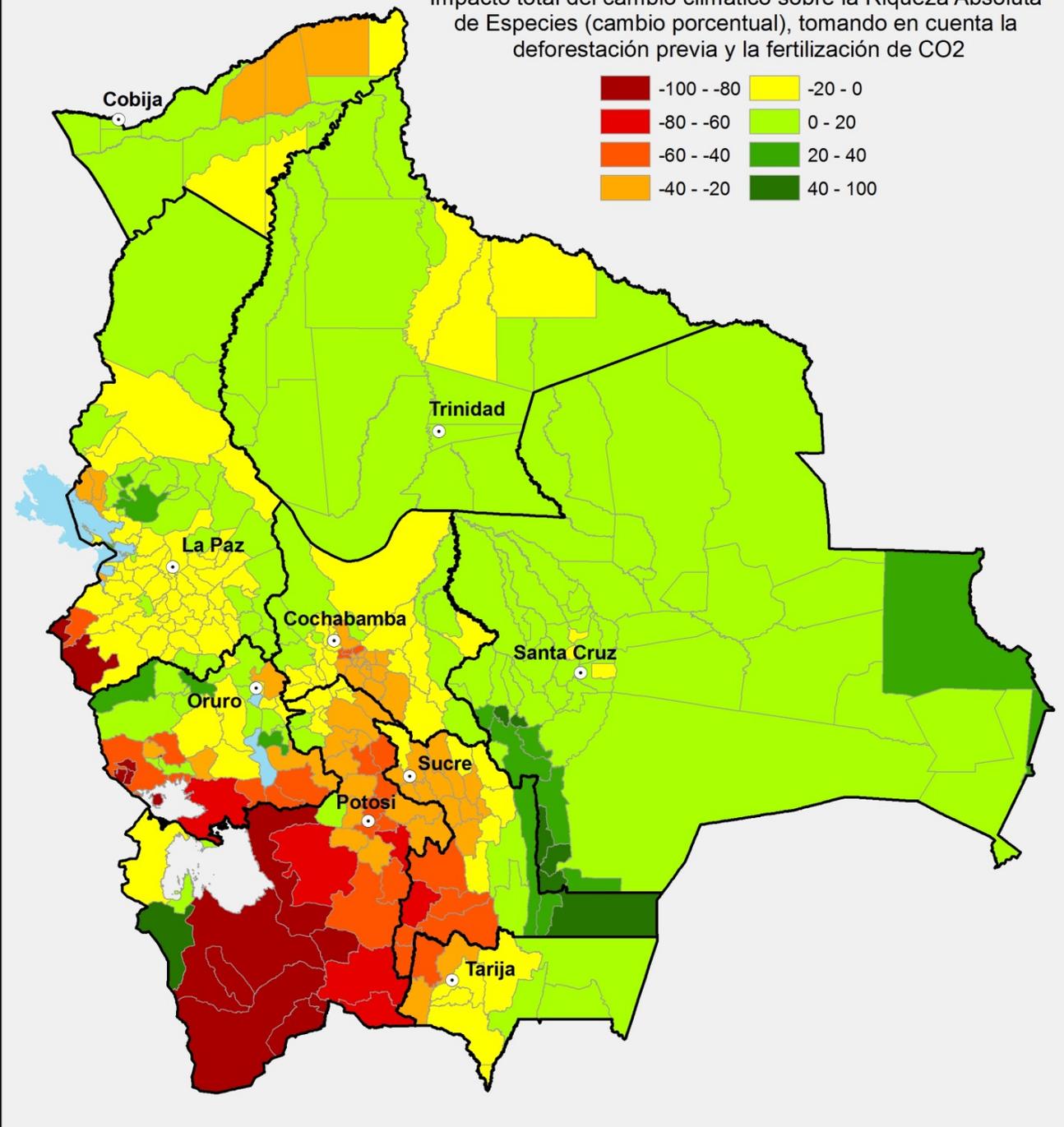
**Impactos del cambio climático total sobre la RAE en Bolivia (cambio porcentual en el número de especies por píxel), 1990-2100, bajo el escenario A2, por departamento**

Departamento	Riqueza de especies inicial (número de especies por píxel)	Impacto de la deforestación (cambio porcentual en el número de especies por píxel)	Impacto total del cambio climático (tomando en cuenta la deforestación previa y la fertilización de CO <sub>2</sub> ) (cambio porcentual en el número de especies por píxel)	Cambio en la riqueza de especies causado por deforestación, cambio climático y fertilización de CO <sub>2</sub> , con respecto al año 2000 (porcentaje)
Beni	1.252	-65%	<b>+2%</b>	-63%
Chuquisaca	460	-11%	<b>-7%</b>	-18%
Cochabamba	943	-38%	<b>-1%</b>	-39%
La Paz	1.110	-42%	<b>+1%</b>	-41%
Oruro	113	0%	<b>-16%</b>	-16%
Pando	1.290	-43%	<b>-6%</b>	-49%
Potosí	93	0%	<b>-41%</b>	-41%
Santa Cruz	751	-72%	<b>+9%</b>	-62%
Tarija	473	-42%	<b>+2%</b>	-40%
<b>Bolivia</b>	<b>814</b>	<b>-57%</b>	<b>+2%</b>	<b>-54%</b>

Fuente: Estimación propia.

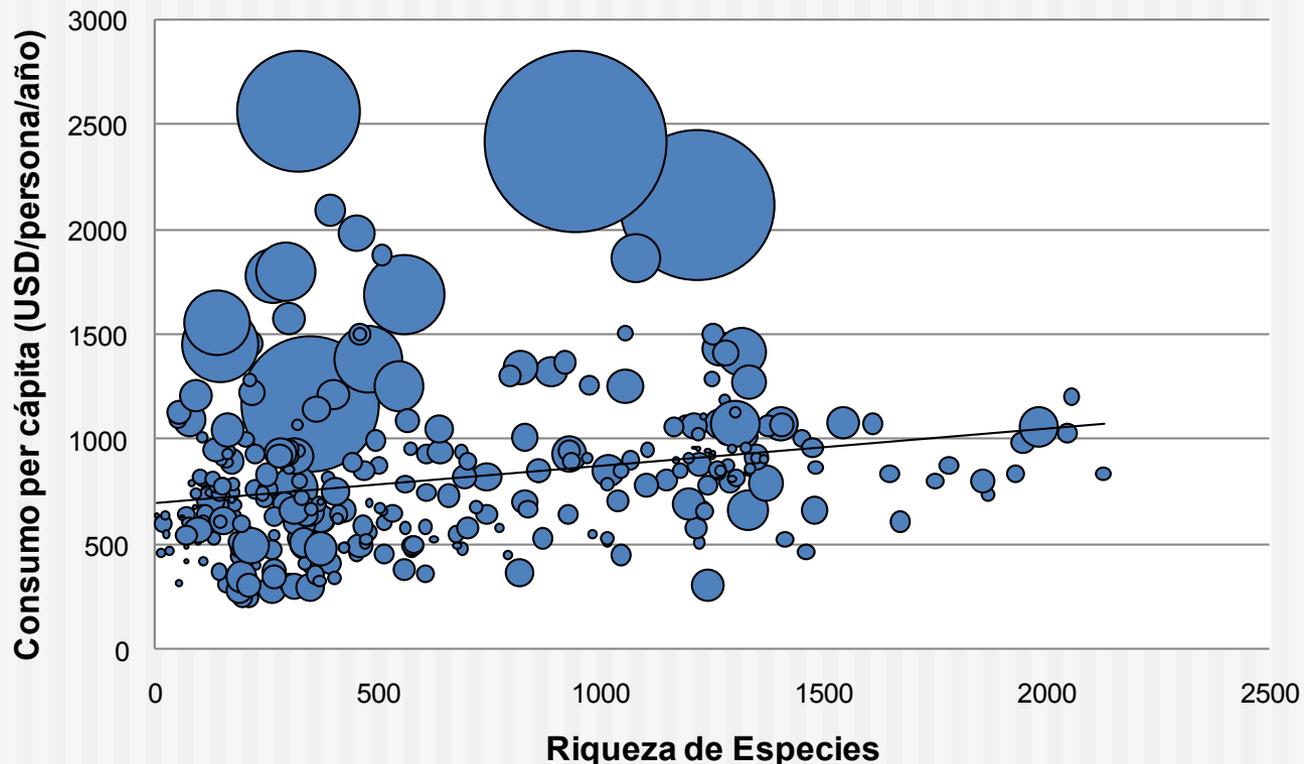
Nota: Promedios ponderados por el área de cada municipio.

Impacto total del cambio climático sobre la Riqueza Absoluta de Especies (cambio porcentual), tomando en cuenta la deforestación previa y la fertilización de CO2



# 4. Impacto de biodiversidad a bienestar de la población:

Gráfico No. 15: Relación entre Riqueza de Especies y Ingresos (Consumo per cápita)



**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** El tamaño de las burbujas indica el tamaño de la población en cada municipio.

# 4. Impacto de biodiversidad a bienestar de la población:

**Cuadro N° 8: Estimación de la elasticidad entre Riqueza de Especies y Consumo per cápita en el largo plazo**

<b>Variable explicativo</b>	<b>Coefficiente estimado</b>
Constante	5.918 (45.54) ***
Ln (Riqueza de Especies)	0.115 (5.41) ***
	# obs = 327      R <sup>2</sup> = 0.080

**Fuente:** Estimación propia.

**Notas:** El variable dependiente es el logartimo del consumo per cápita en 2001.  
Los números en paréntesis son estadísticas t.

- \* Significativo a nivel 10%,
- \*\* Significativo a nivel 5%,
- \*\*\* Significativo al nivel 1%.

# 4. Impacto de biodiversidad a bienestar de la población:

**Cuadro 13**  
**Costo económico de la pérdida de biodiversidad causado por los cambios climáticos a 2100 en Bolivia bajo el escenario A2, por departamento**

Departamento	Cambio en la riqueza de especies entre 2000 y 2100 atribuible al cambio climático (porcentaje)	Cambio del consumo per cápita (porcentaje)
Beni	+2%	+0,3%
Chuquisaca	-7%	-2,8%
Cochabamba	-1%	-1,2%
La Paz	+1%	-0,9%
Oruro	-16%	-1,9%
Pando	-6%	+0,1%
Potosí	-41%	-4,8%
Santa Cruz	+9%	+1,1%
Tarija	+2%	-1,0%
<b>Bolivia</b>	<b>+2%</b>	<b>-0,9%</b>

Fuente: Estimación propia.

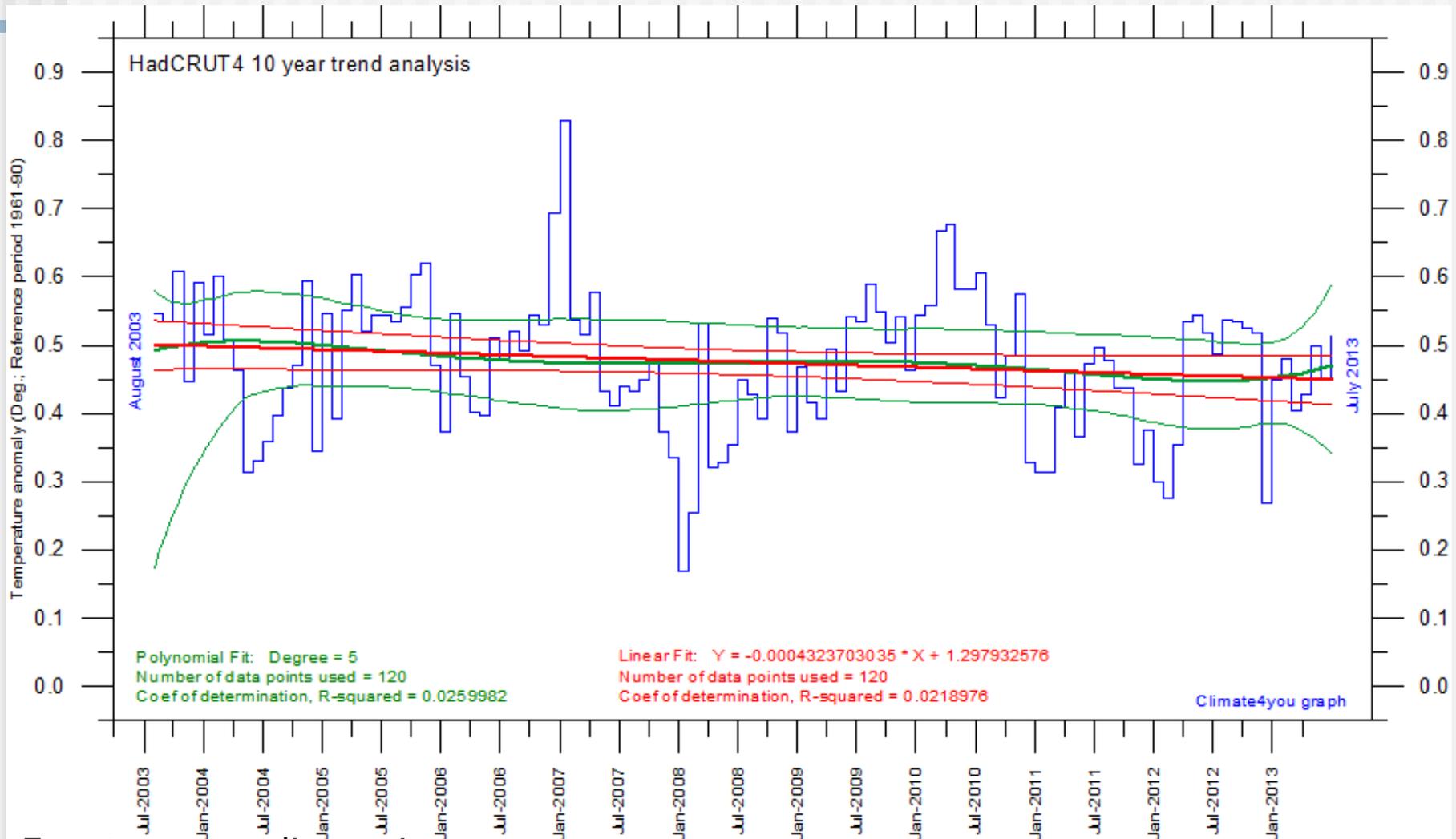
Nota: La primera columna está calculada con promedios ponderados por el área de cada municipio, mientras que la segunda columna está calculada con promedios ponderados por la población en cada municipio en 2001.

# ¿Qué pueden hacer las universidades?

---

- Ser críticos
- Ser honestos

# ¿Qué pueden hacer las universidades?



# 2009: Estudio Regional de la Economía del CC (ERECC)

Summary 2009

Economics of  
Climate Change  
in Latin America  
and the Caribbean



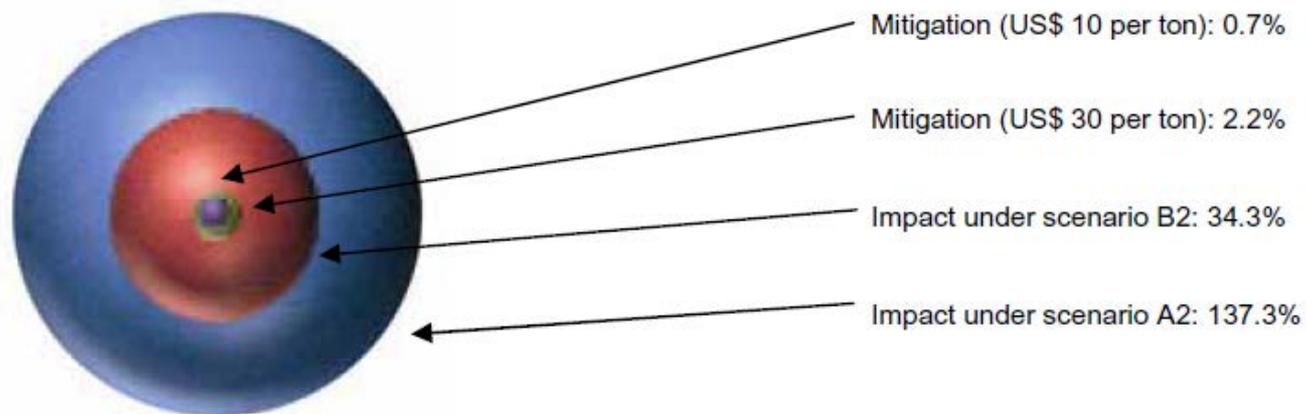
UNITED NATIONS

ECLAC

- Usa el modelo PRECIS para simular impactos económicos del cambio climático de 1990-2100.
- Compara con costos de mitigación.

# 2009: Estudio Regional de la Economía del CC (ERECC)

Figure VIII.1  
**LATIN AMERICA (15 COUNTRIES): AVERAGE PRELIMINARY ECONOMIC COSTS OF THE CUMULATIVE IMPACT OF CLIMATE CHANGE AND MITIGATION, UP TO 2100<sup>a</sup>**  
*(Percentages of 2007 GDP)*



Source: Economic Commission for Latin America and the Caribbean.

<sup>a</sup> The mitigation target used is equivalent to 30% of the levels projected for 2100. Includes: Argentina, Belize, Chile, Costa Rica, Dominican Republic, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Mexico, Nicaragua, Panama, Paraguay, Plurinational State of Bolivia and Uruguay. A discount rate of 0.5% was applied. The impact and costs correspond to the average of the values recorded in the countries under consideration.

# Gracias!

---

Mas información: [landersen@inesad.edu.bo](mailto:landersen@inesad.edu.bo)

