

# LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

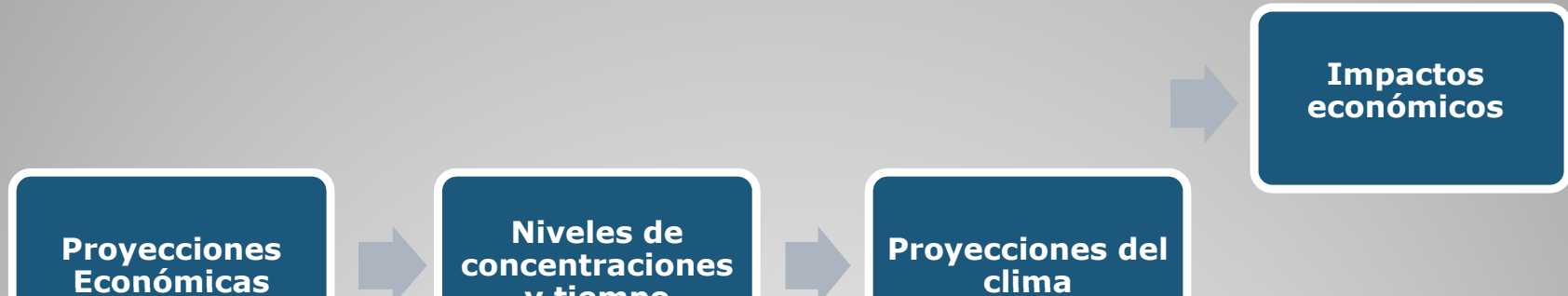
---

Dr. Luis Miguel Galindo

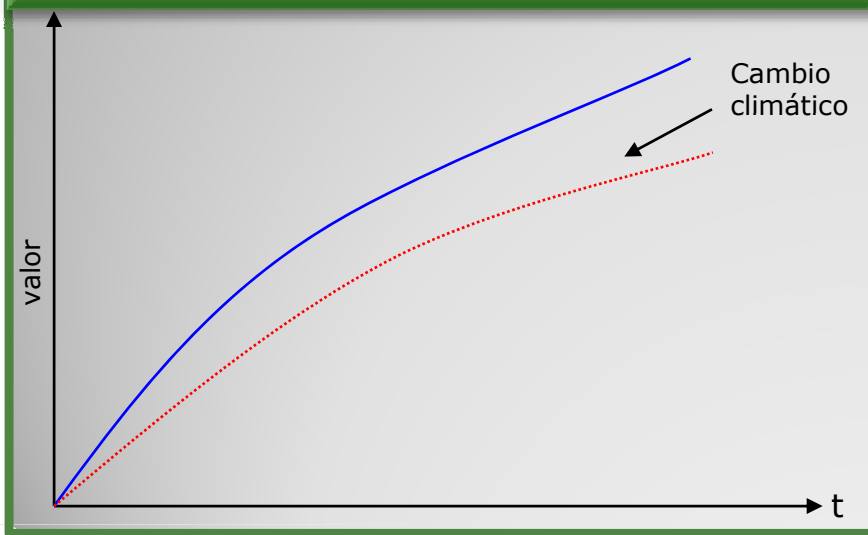
Agosto 2009

# Metodología

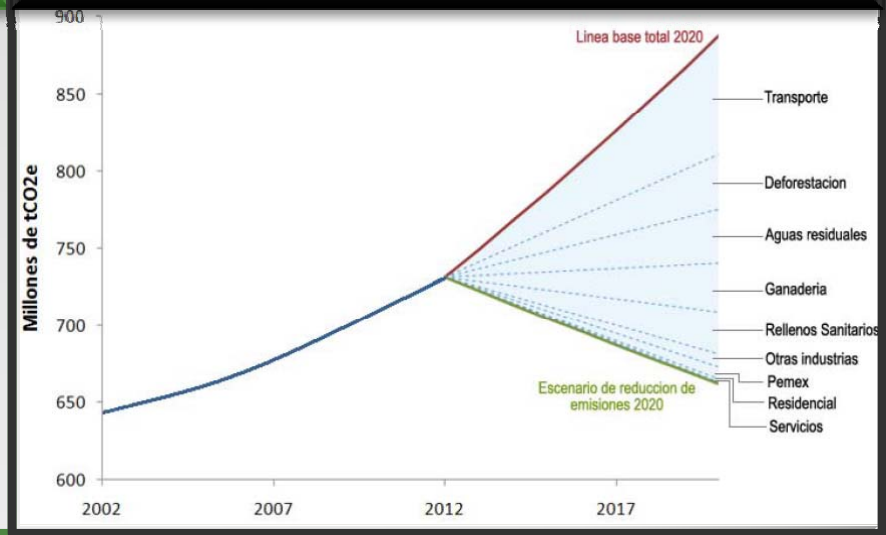
## Niveles de incertidumbre



Formas Funcionales



Potencial de reducción de emisiones por sectores escenario 2020



# Estructura del Estudio

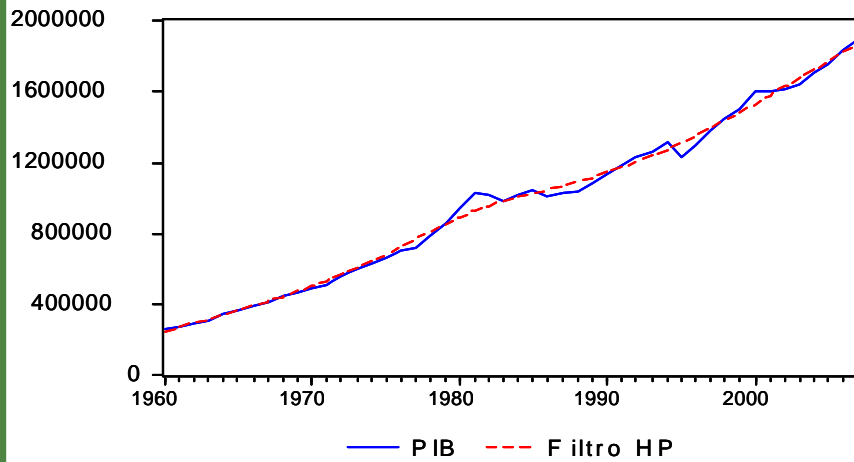


## Principales conclusiones

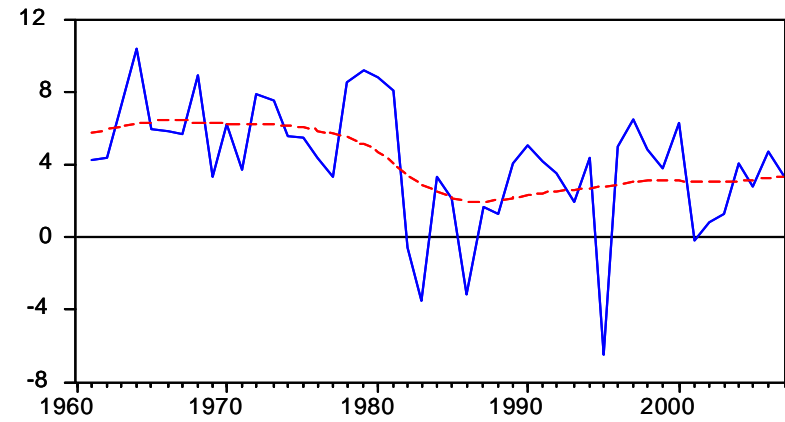
1. El cambio climático tiene y tendrá costos económicos significativos en la economía mexicana.
2. Los costos del cambio climático son crecientes y no lineales aunque existen ganancias parciales por regiones y sectores. Existen costos no monetarios importantes.
3. Existen riesgos significativos e incertidumbre.
4. Existen procesos de adaptación en curso que pueden ser ineficientes al generar externalidades negativas.
5. Los costos de colaborar en un acuerdo internacional son menores que los costos de los impactos.

# El crecimiento económico en México

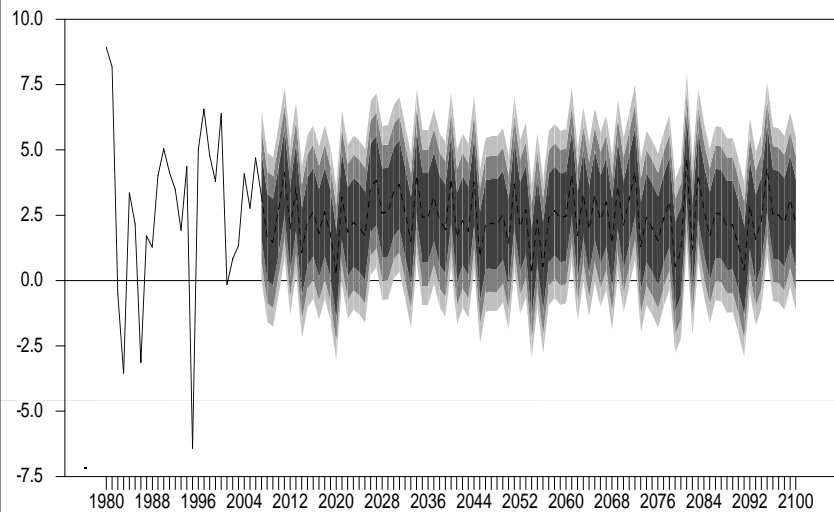
**Evolución del PIB 1960-2007**  
Miles de millones de pesos a precios de 1993



**Tasa de crecimiento del PIB 1960-2007**  
(porcentaje)



**Fan-chart del PIB 2008-2100**

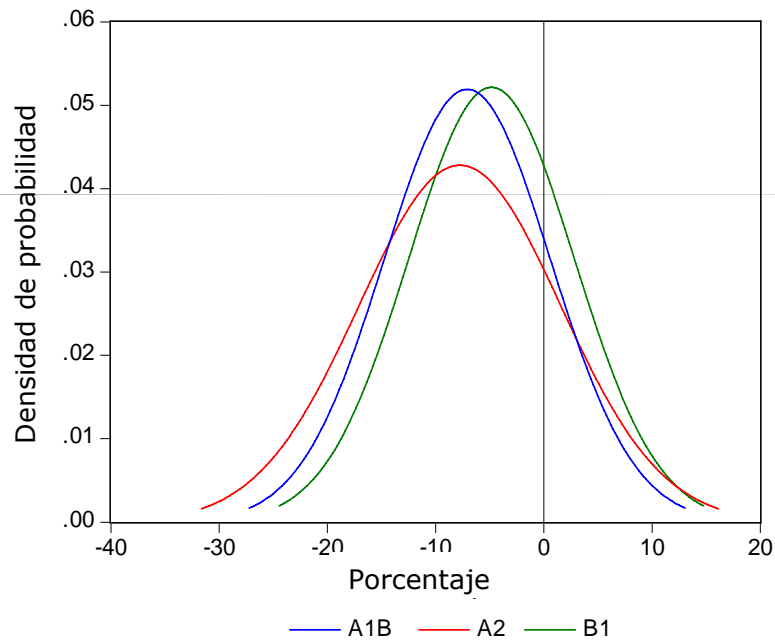


**Escenario de crecimiento del PIB**

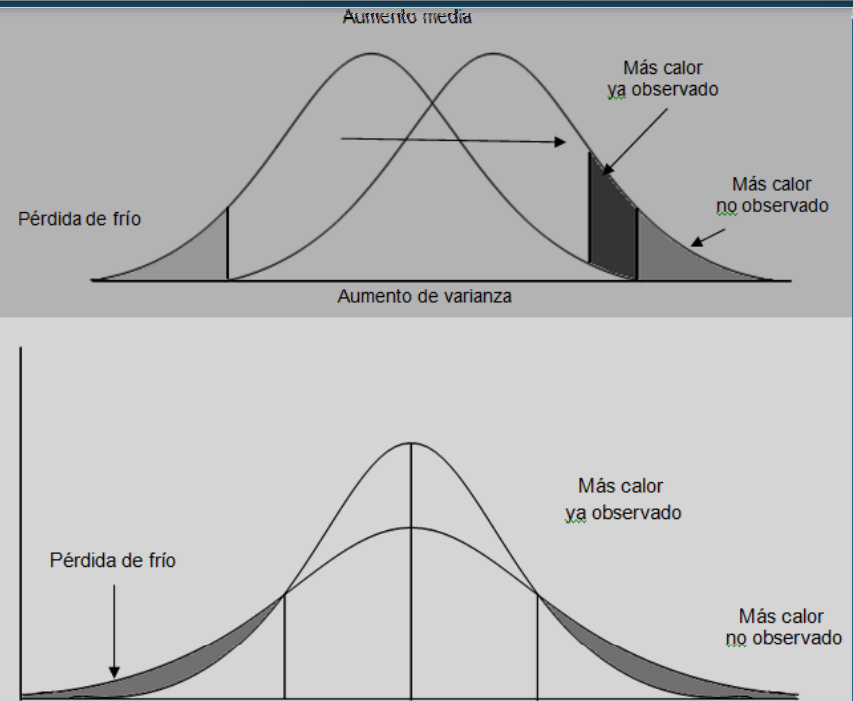
Probabilidad del escenario	Límite inferior	Media	Límite superior
60% de probabilidad	2.9	<b>3.5</b>	4.3
20% de probabilidad	1.0	1.8	2.6
10% de probabilidad	4.9	5.0	6.4

# Sector agropecuario y el cambio climático

a) Distribución de la anomalía de precipitación bajo los diferentes escenarios de emisiones (datos a nivel nacional)



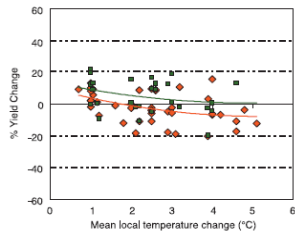
b) Impactos en los cambios en la media, la varianza, y la media sobre la probabilidad de ocurrencia de tipos de climas específicos



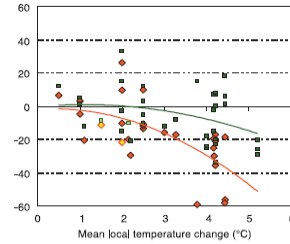
# Sector agropecuario y el cambio climático

## Efecto del cambio de la temperatura media sobre la producción del maíz, trigo y arroz

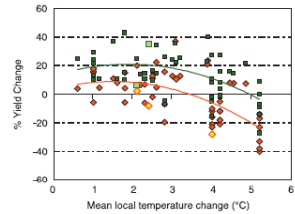
a) Producción de maíz en latitudes medias a altas



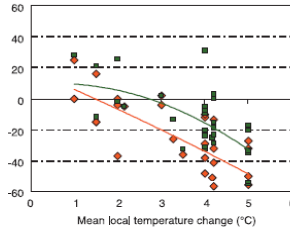
b) Producción de maíz en latitudes bajas



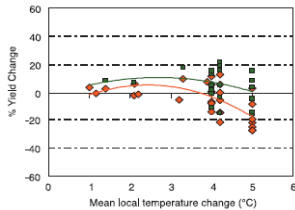
c) Producción de trigo en latitudes medias a altas



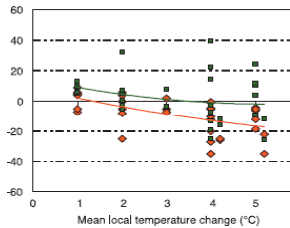
d) Producción de trigo en latitudes bajas



e) Producción de arroz en latitudes medias a altas

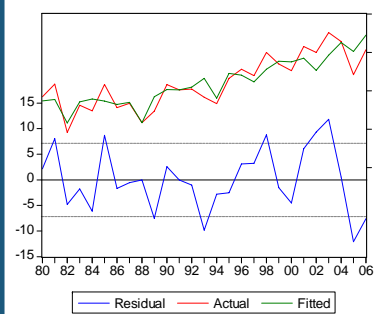


d) Producción de arroz en latitudes bajas

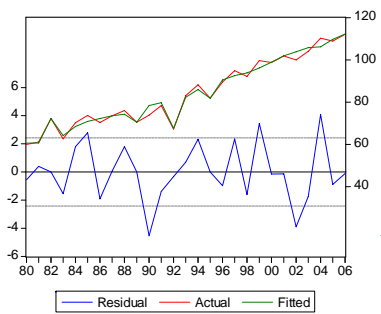


## Valores reales y proyectados y residuales de los modelos de índices de producción agrícola, 1980 a 2006.

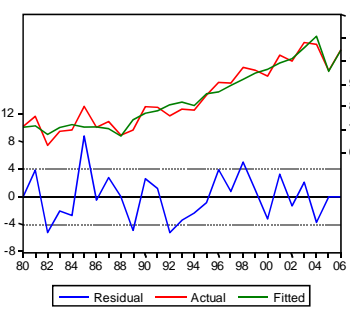
Índice de producción primavera-verano



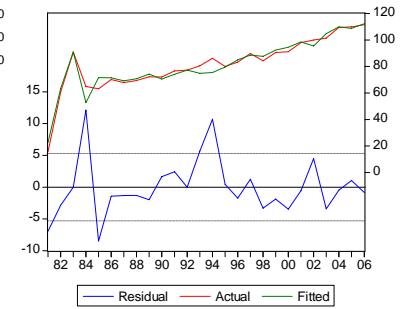
Índice de producción otoño-invierno



Índice de producción cultivos cíclicos

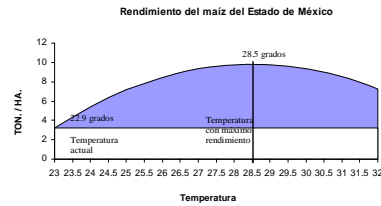
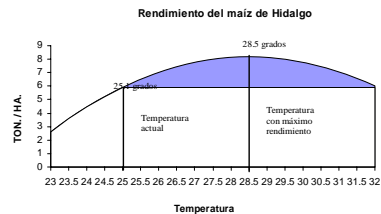


Índice de producción cultivos perennes



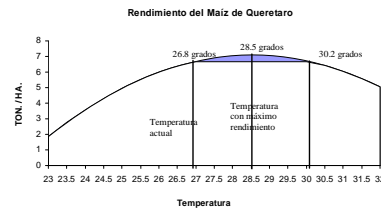
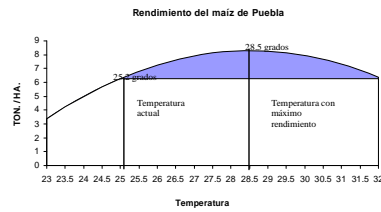
# Producción del Sector Agropecuario: Rendimientos del Maíz

## Estados con ganancias por el aumento de temperatura

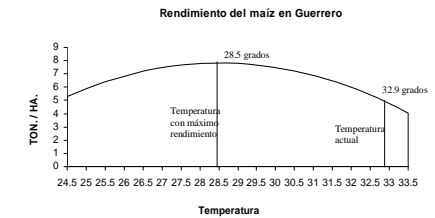
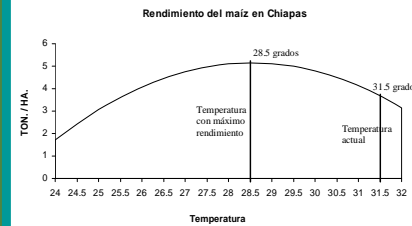
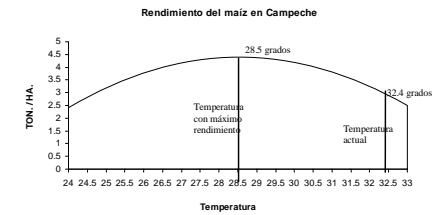
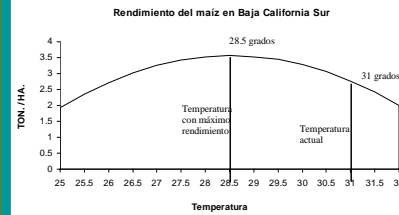


■ Ganancia de rendimiento y pérdida de rendimiento del maíz por el aumento de temperatura.

■ Ganancia de rendimiento y pérdida de rendimiento del maíz por el aumento de temperatura.

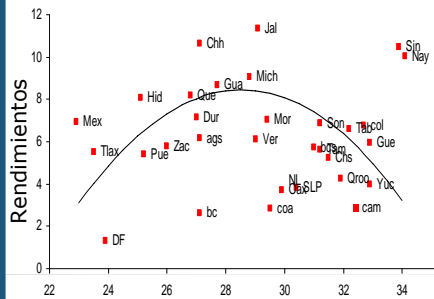


## Estados con pérdidas por el aumento de temperatura

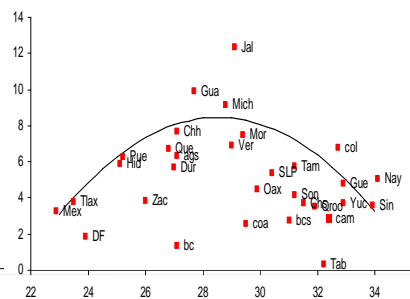


## Rendimiento teórico con temperatura actual máxima

### Rendimiento observados del 2006



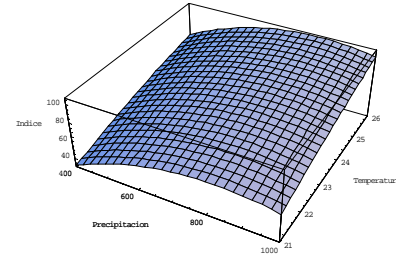
### Rendimiento Teórico



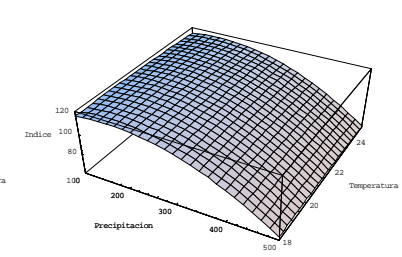
Temperatura

## Índice producción : precipitación y temperatura

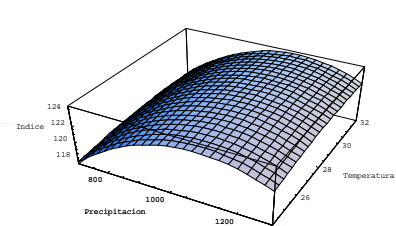
### Índice de producción del ciclo primavera-verano



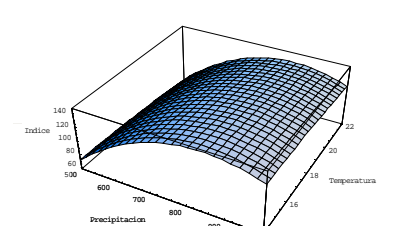
### Índice de producción del ciclo otoño-invierno



### Índice de producción de los cultivos cíclicos

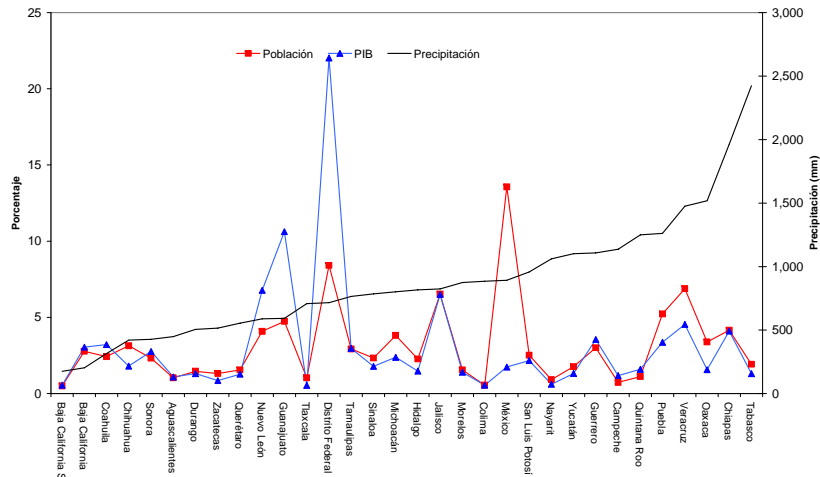


### Índice de producción de los cultivos perennes

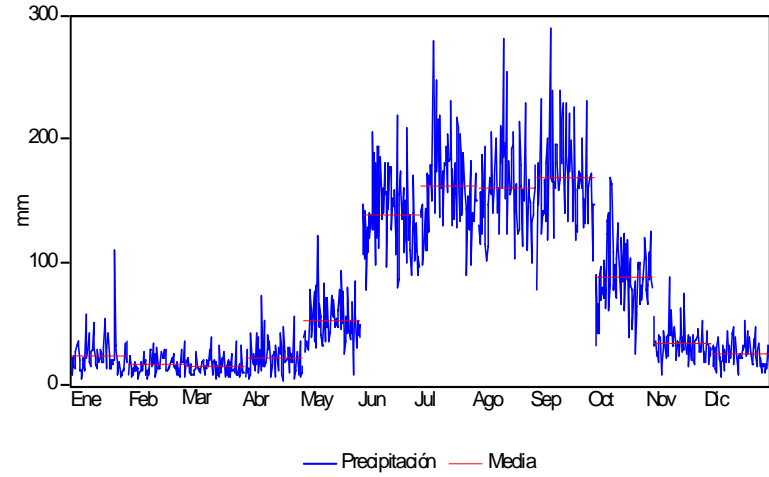


# Sector Hídrico

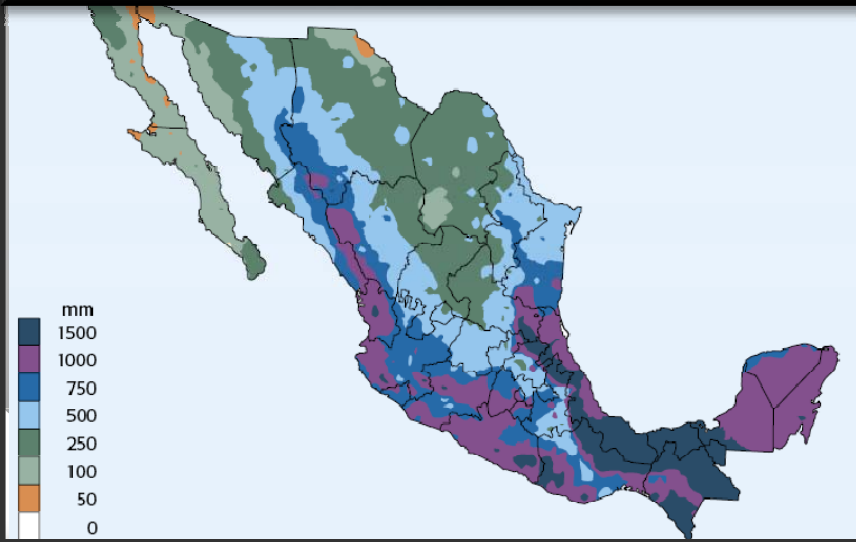
## Evolución histórica de la precipitación acumulada media anual 1940-2007 (milímetros)



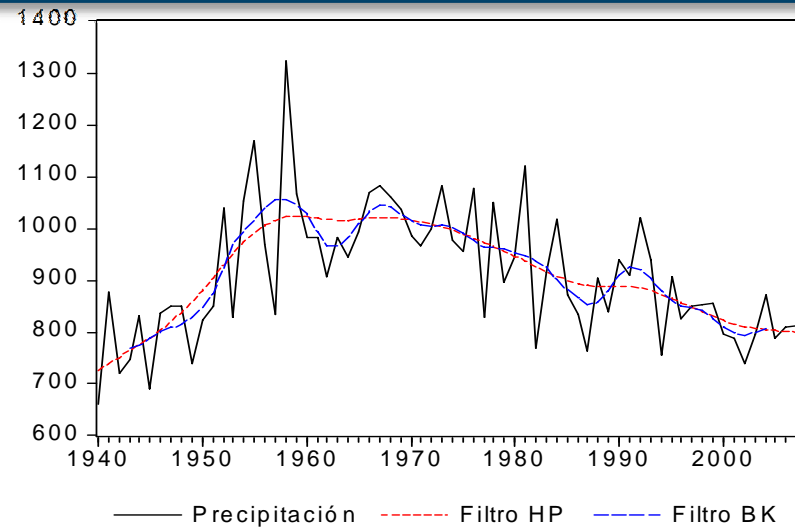
## Distribución temporal de la precipitación mensual 1940-2007



## Distribución espacial de la precipitación media anual histórica

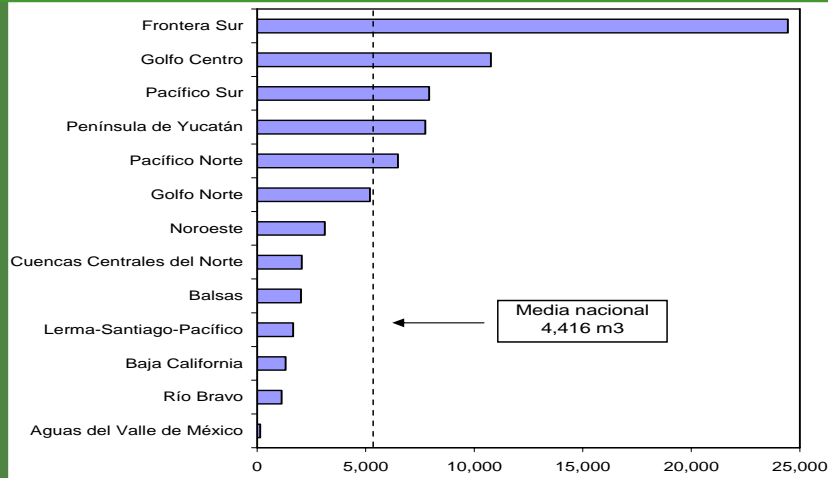


## Precipitación

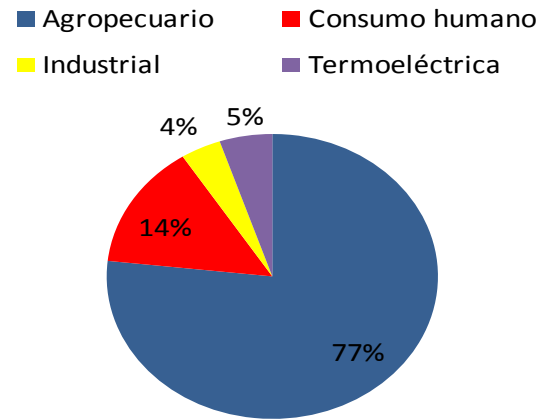


# Sector Hídrico

(a) Disponibilidad natural media per cápita 2006 por región hidrológica (m<sup>3</sup>/habitante/año)

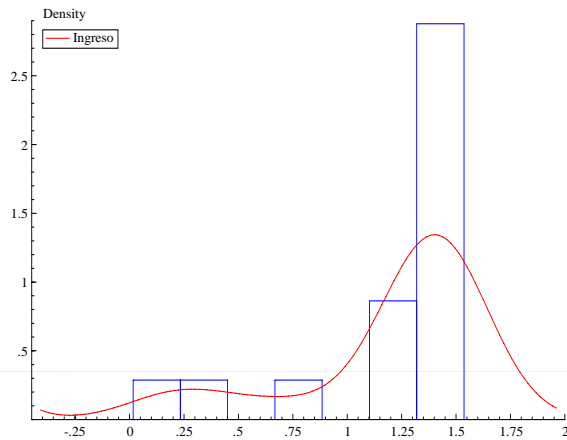


(b) Distribución del consumo de agua: uso consuntivo 2007



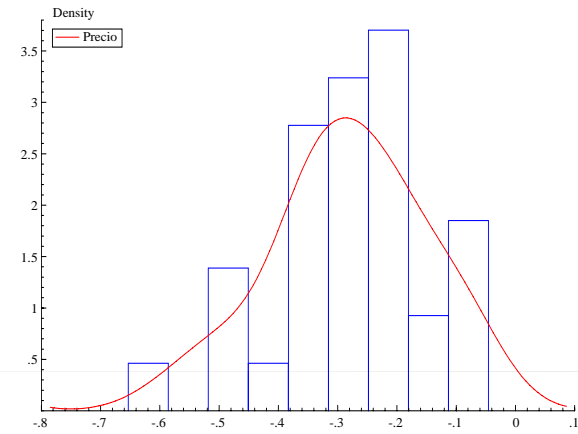
## Consumo Agrícola: Elasticidad ingreso

Elasticidad ingreso (PIB agropecuario)



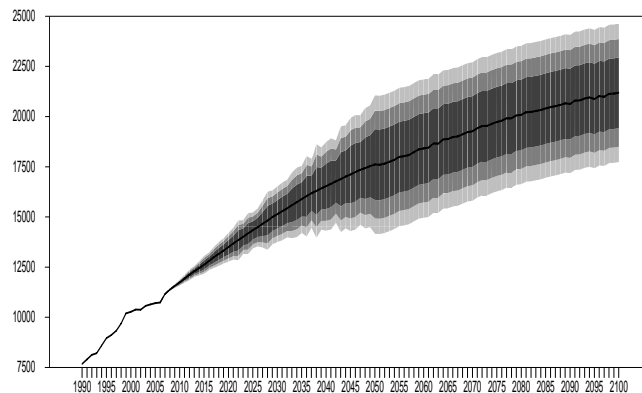
## Consumo Agrícola: elasticidad precio

Elasticidad precio relativo

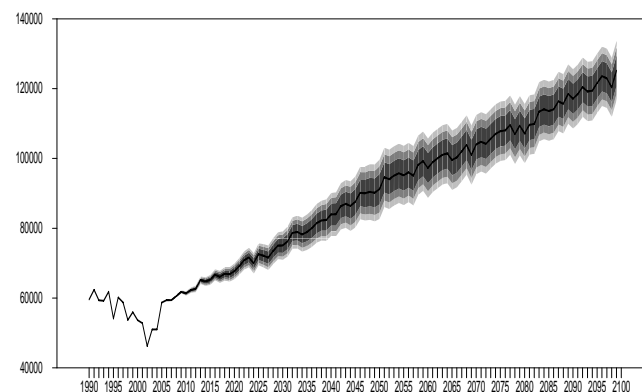


# Consumo de agua y Cambio Climático: Pronóstico de consumo de agua

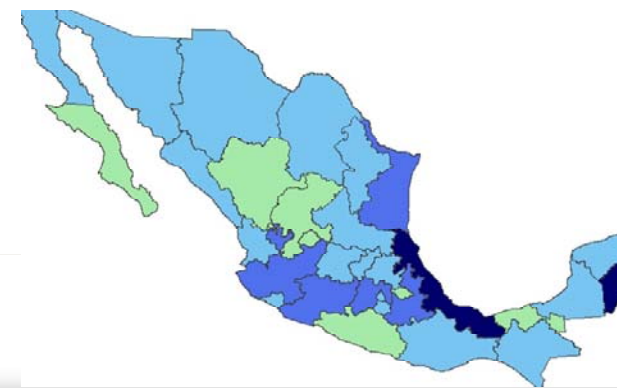
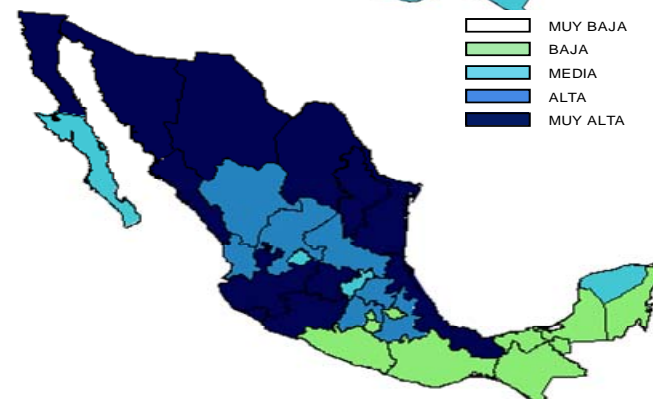
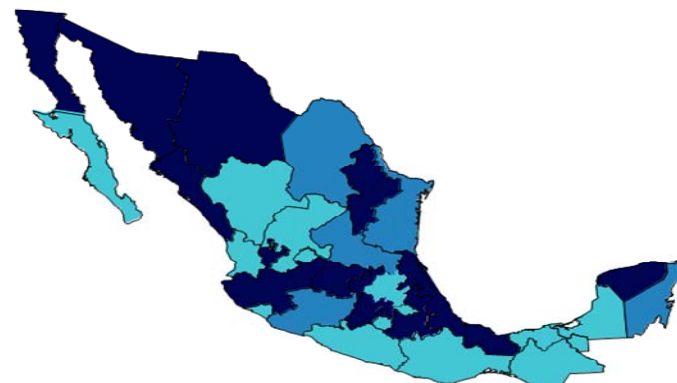
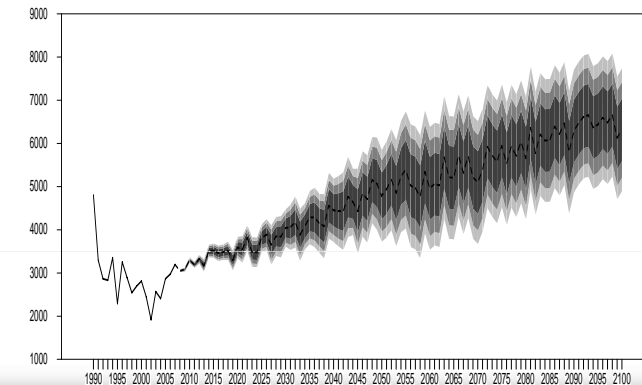
## Abastecimiento público



## Sector agropecuario



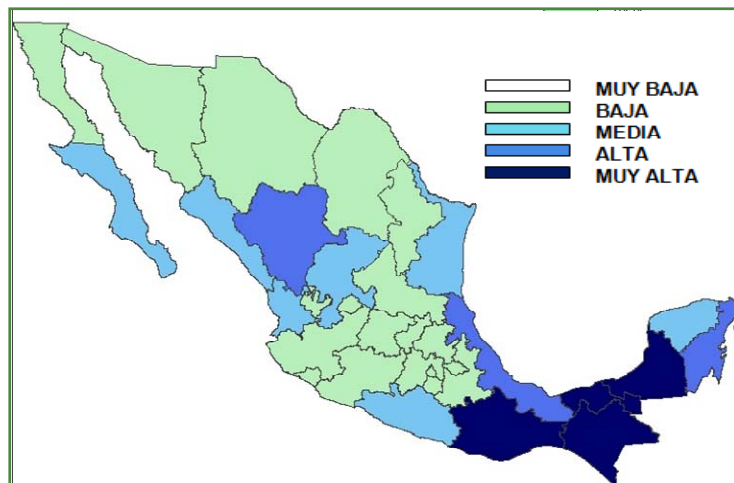
## Sector industrial



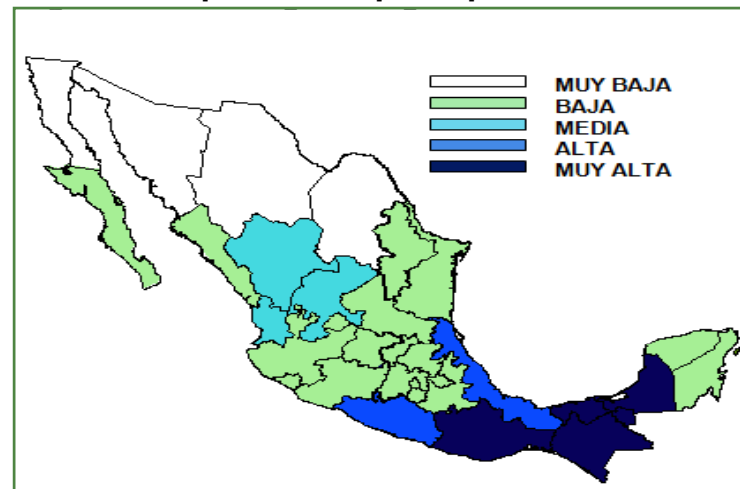
# Consumo de agua y Cambio Climático

## Pronóstico de disponibilidad per cápita de agua

Disponibilidad per cápita 2007



Disponibilidad per cápita 2100



## Análisis de vulnerabilidad ante el Cambio Climático

Diagrama de dispersión  
Temperatura vs evaporación

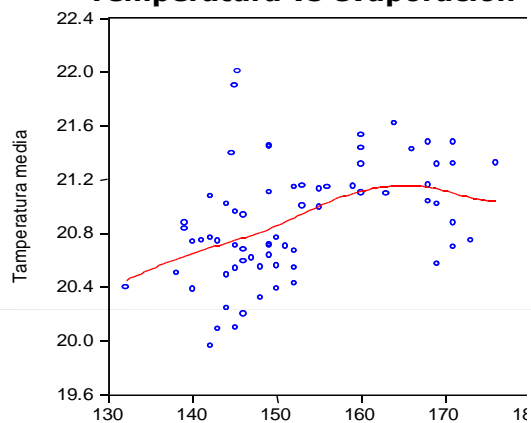
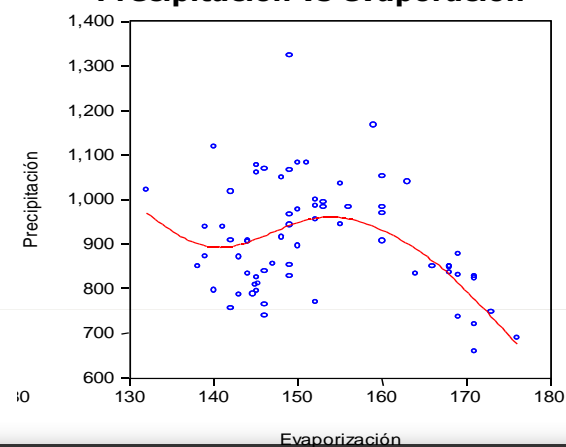


Diagrama de dispersión  
Precipitación vs evaporación

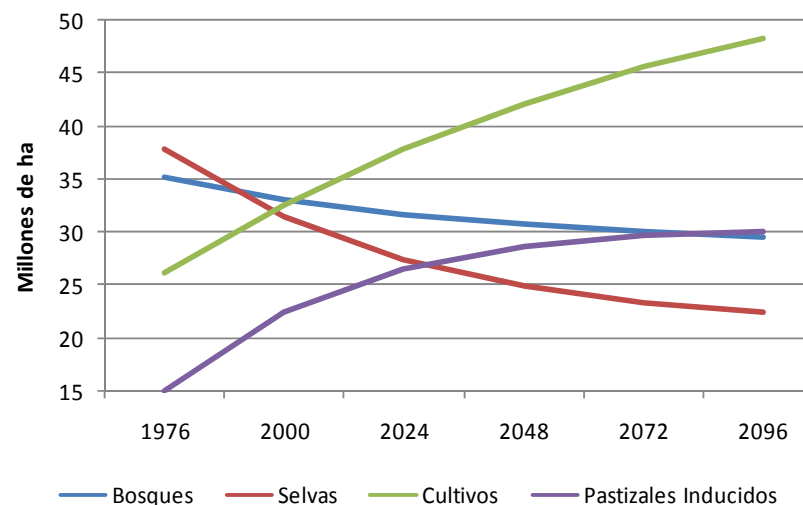


# Cambio de uso de suelo: Modelo de proyección de uso del suelo

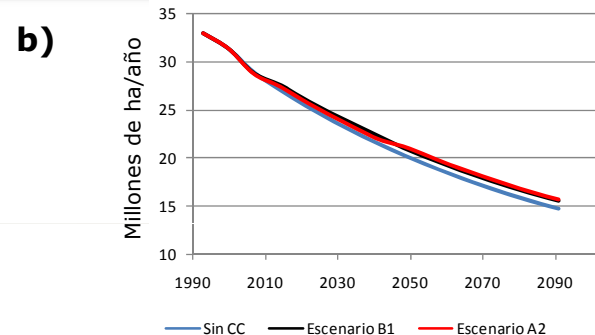
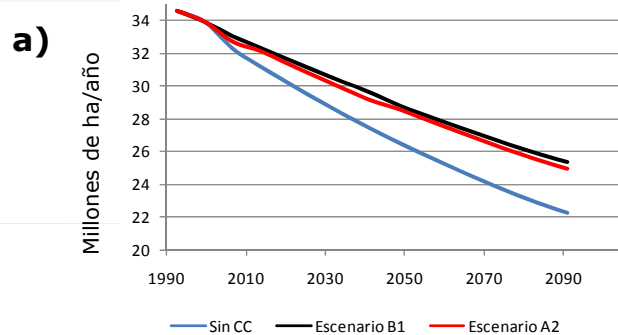
Matriz de probabilidades de transición de coberturas vegetales (ha X 1,000) entre los años 1976 y 2000

		2000									
		Bosques	Selvas	Matorral	Vegetación Hidrófila	Otros tipos de vegetación	Pastizales naturales	Pastizales inducidos	Cultivos	Otras coberturas	Total
1976	Bosques	0.9062	0.0078	0.0026	0.0000	0.0001	0.0037	0.0559	0.0236	0.0001	1.0000
	Selvas	0.0157	0.8244	0.0032	0.0012	0.0004	0.0011	0.0865	0.0663	0.0011	1.0000
	Matorral	0.0027	0.0023	0.9401	0.0003	0.0056	0.0029	0.0257	0.0198	0.0007	1.0000
	Vegetación Hidrófila	0.0002	0.0348	0.0061	0.8977	0.0142	0.0006	0.0236	0.0220	0.0008	1.0000
	Otros tipos de vegetación	0.0008	0.0014	0.1139	0.0077	0.8389	0.0011	0.0112	0.0239	0.0010	1.0000
	Pastizales naturales	0.0144	0.0012	0.0144	0.0001	0.0014	0.8255	0.0986	0.0436	0.0008	1.0000
	Pastizales inducidos	0.0139	0.0297	0.0185	0.0025	0.0013	0.0028	0.8610	0.0677	0.0027	1.0000
	Cultivos	0.0093	0.0225	0.0130	0.0007	0.0021	0.0042	0.0251	0.9162	0.0069	1.0000
	Otras coberturas	0.0050	0.0009	0.0027	0.0001	0.0006	0.1452	0.0078	0.0257	0.8120	1.0000
	Total	0.9988	0.9673	1.1422	0.7225	0.9066	0.7367	1.1916	1.3552	0.9790	1.0000

Proyección de las coberturas "bosques", "selvas", "cultivos" y "pastizales inducidos" con base en la transición observada entre 1976-2000



Proyección de las coberturas de a) bosques y b) selvas, bajo diferentes escenarios



# Biodiversidad: índice potencial

## Marco conceptual



## Modelo de Índice de Biodiversidad

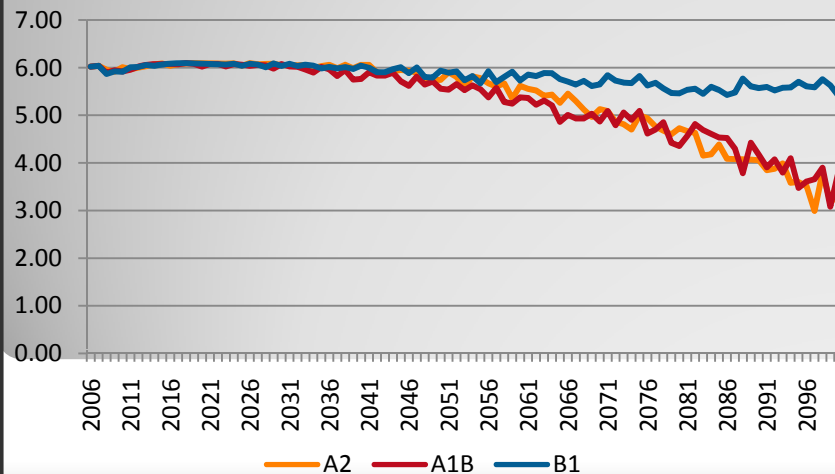
Variable	Modelo Índice de Biodiversidad (lib <sub>t</sub> )	
<b>c</b>	-10.533	(-8.31)
<b>tmx<sub>t</sub></b>	0.723	(8.50)
<b>tmx2<sub>t</sub></b>	-0.012	(-8.50)
<b>pr<sub>t</sub></b>	0.0007	(4.47)
<b>pr2<sub>t</sub></b>	-0.0003	(-5.90)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.998	

Notas: Los valores entre paréntesis indican los estadísticos t-student

Año de estimación: 2006

Nota: tmx = temperatura máxima, tmx2 = temperatura maxima al cuadrado, pr = precipitación, pr2= precipitación al cuadrado, ib= Índice de Biodiversidad que considera precipitación, temperatura, altitud, y superficies de ecosistemas

## Pronóstico del Índice de Biodiversidad bajo diferentes escenarios de CC



## Cambio en el Índice de Biodiversidad bajo diferentes escenarios de CC (cambio porcentual respecto a 2006)

Año	Escenarios		
	A2	A1B	B1
2030	0.465	0.863	0.229
2050	-4.651	-7.744	-1.388
2100	-44.840	-37.082	-10.162

# Biodiversidad: Costos

## Costos Directos



## Costos indirectos

**Función de producción:** incluye a la biodiversidad como una de los factores productivos

$$(1) \quad y = f(k, l, bio)$$

**Productos estimados:** PIB agropecuario, maíz, frijol, sorgo, trigo.

### Modelos del PIB Agrícola con la temperatura máxima

Variable	Coeficientes	
$tmx_t$	0.8857	(55.30)
$tmx2_t$	-0.0164	(-53.71)
$pr_t$	0.0005	(6.66)
$prd_t$	-0.0184	(-6.82)
$em$	0.000005	(12.70)
$sm_t$	1.1821	(6.93)
$ib_t$	0.4602	(9.54)
$bs_t$	-----	-----
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.9805</b>	

Notas: Los valores entre paréntesis indican los estadísticos t-student  $tmx$  = temperatura máxima,  $tmx2$  = temperatura máxima al cuadrado,  $pr$  = precipitación,  $em$  = empleo,  $sm$  = Superficie mecanizada,  $prd$  = desviación de precipitación,  $ib$  = Índice de biodiversidad

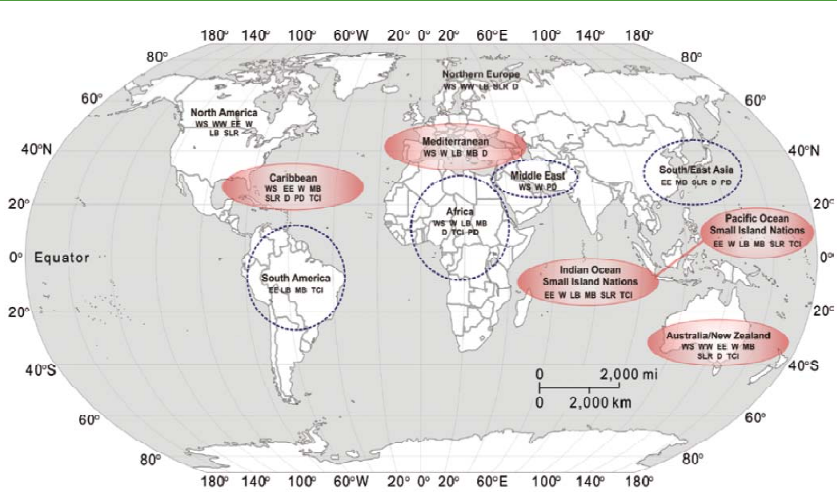
**Modelo Ricardiano:** incluye las variables climáticas de forma lineal y no lineal, para identificar el efecto de estas sobre el valor de la renta de la tierra

### Modelo Ricardiano

Variable	Coeficientes	
$tm_t$	0.456	(4.439)
$tm2_t$	-0.004	(-1.264)
$ypc_t$	0.172	(2.592)
$ib_t$	0.035	(5.569)
<b>R<sup>2</sup></b>	<b>0.998</b>	

# Sector Turismo y Eventos Extremos

## Distribución geográfica de los principales impactos del CC



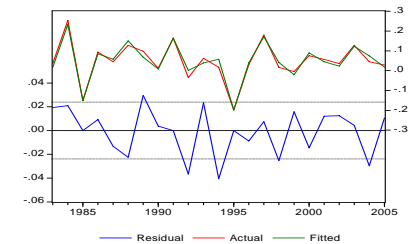
## Metodología

Función de demanda de turismo:

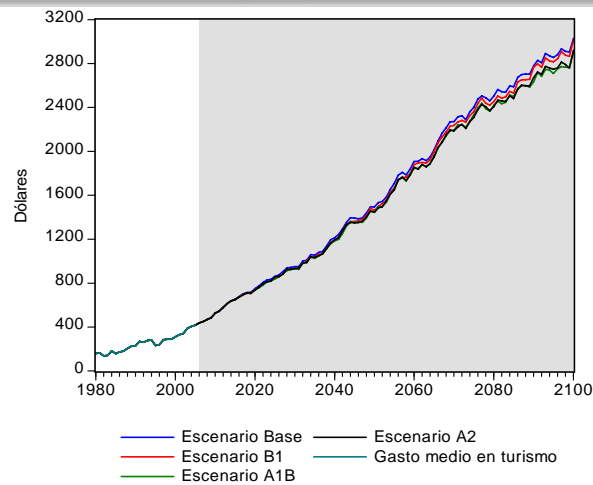
$$gt_t = \alpha + \beta_1 * yx_t + \beta_2 * sr_t + \beta_3 * im_t + \beta_4 * tmp_t$$

demanda de turismo en México (GT<sub>t</sub>) depende del PIB de Estados Unidos (YX<sub>t</sub>), el tipo de cambio real (SR<sub>t</sub>), el índice bursátil México (IM<sub>t</sub>) y la temperatura media (TMP<sub>t</sub>)

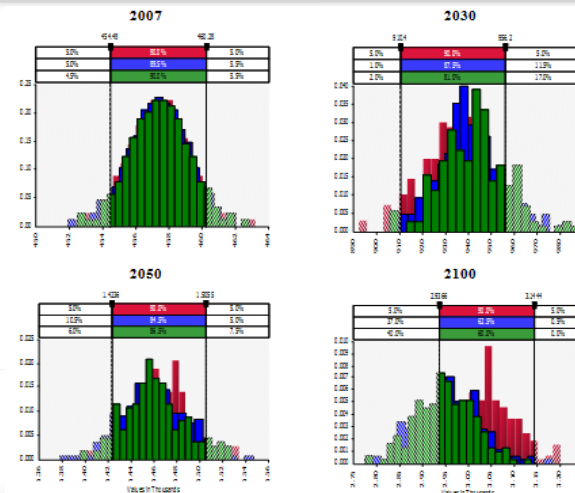
Metodología de Cointegración de Johansen y MCE



## Comportamiento del gasto promedio del turismo internacional bajos diferentes escenarios: 1980-2100 teórico con temperatura actual máxima

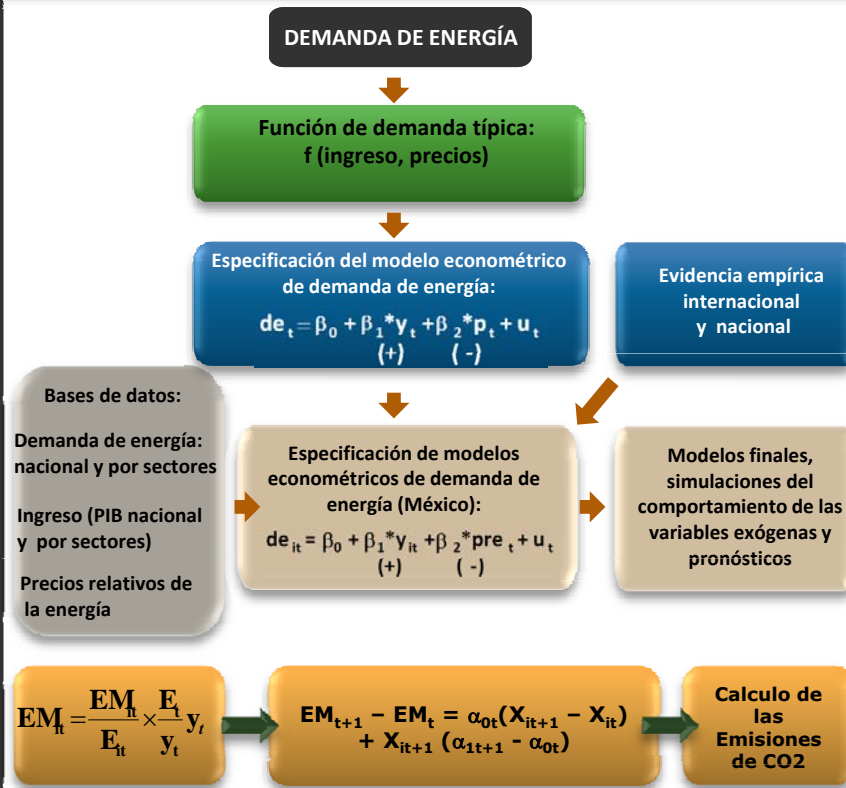


## Análisis de riesgo



# Sector energético en México

## Modelos econométricos demanda de energía



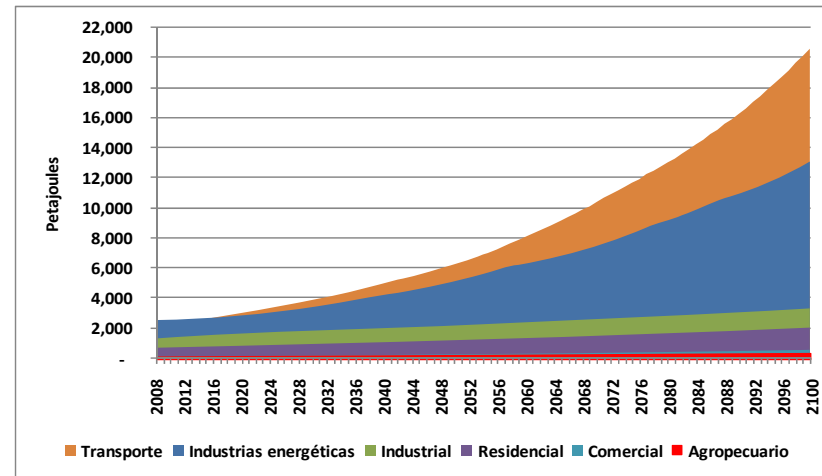
$$ce_{it} = \beta_0 + \beta_1 * y_{it} + \beta_2 * pre_t + u_t$$

	cne <sub>t</sub>	ceie <sub>t</sub>	cea <sub>t</sub>	cei <sub>t</sub>	cer <sub>t</sub>	cec <sub>t</sub>	cet <sub>t</sub>
$\beta_0$	-15.892	-7.441	-11.979	-8.432	-4.975	-10.597	-12.916
$\beta_1$	1.170	0.881	0.865	0.792	0.550	0.760	1.049
$\beta_2$	-0.156	-0.158	-0.251	-0.328	-0.236	-0.222	-0.397

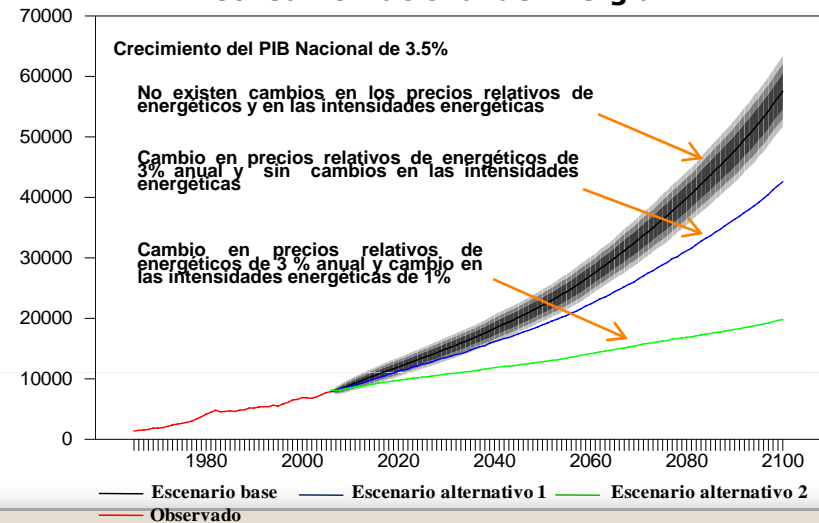
Periodo 1965 – 2006.

## Escenarios y proyecciones

### Consumo de energía por sectores bajo el escenario base: 2008-2100 (Petajoules)

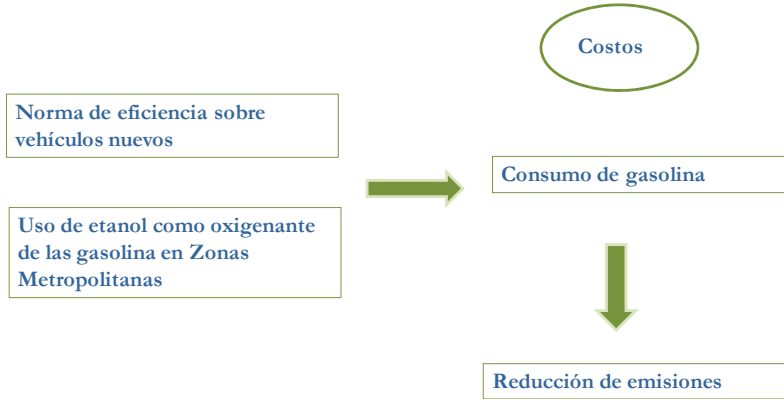


### Consumo Nacional de Energía



# Demanda de gasolina

## Medidas de control



## Modelos Econométricos

### Modelo de demanda de gasolina

$$\text{Gas}_t = f(Y_t, \text{PRA}_t, \text{PRG}_t, \text{EF}_t)$$

### Modelo de Ventas

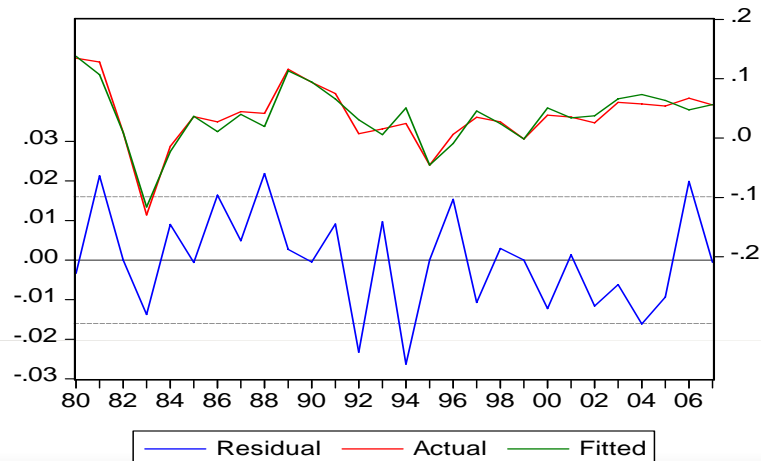
$$\text{Ventas}_t = f(Y_t, \text{PRA}_t, \text{PRG}_t, \text{EF}_t)$$

### Modelo de Impacto de las estructuras de ventas de gasolina

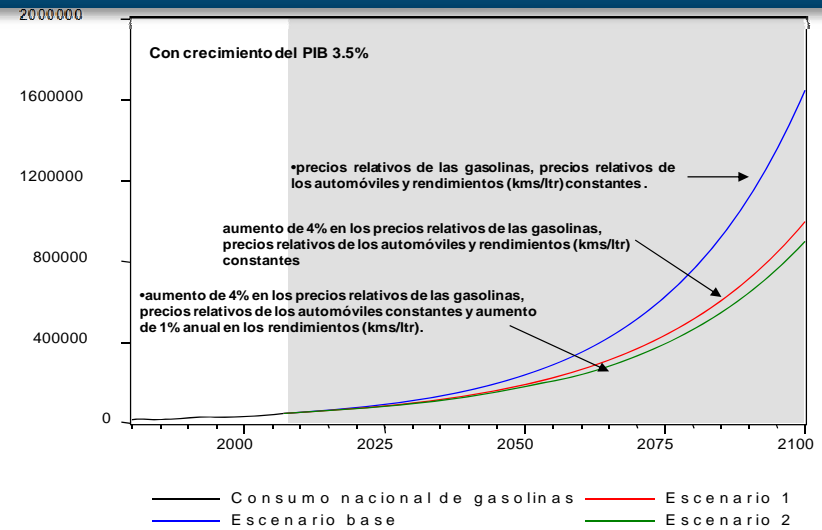
$$\text{Gas}_t = f(\text{Ventas}_t)$$

## Valores actuales, estimados y residuales de la demanda nacional de gasolinas

$$\text{gas}_t = 1.13y_t - 0.14 \text{prg}_t - 0.15\text{pra}_t - 0.16\text{ren}_t$$



## Trayectoria del consumo nacional de gasolinas con tres escenarios: 1980 - 2100



## Escenarios de mitigación en México

Identidad del IPAT se desagrega como (Perman, McGillbrav y Common, 2003):

$$(1) \quad I = P \times A \times T$$

I = Impacto  
A = Riqueza (*Affluence*)

P = Población  
T = Tecnología

$$(1.1) \quad \text{Impacto ambiental} = \beta_1 * \text{Población}$$

$$(1.2) \quad \text{Impacto ambiental} = \beta_2 * \text{Producto}$$

$$\Delta \text{CO}_2 = [\Delta \text{POB}] + \Delta \left[ \frac{\text{PIB}}{\text{POB}} \right] + \Delta \left[ \frac{\text{ENERG}}{\text{PIB}} \right] + \Delta \left[ \frac{\text{CO}_2}{\text{ENERG}} \right]$$

### Las probabilidades (en %) de superar un aumento de la temperatura en el equilibrio

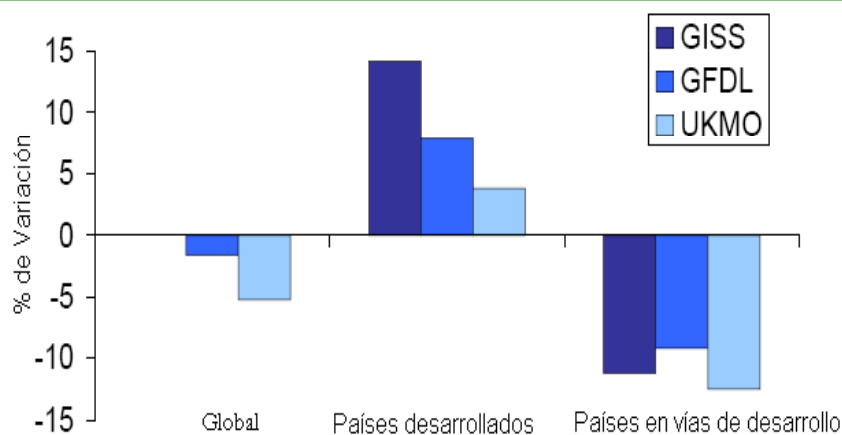
Nivel de estabilización ( en ppm CO <sub>2</sub> e)	2° C	3° C	4° C	5° C	6° C	7° C
450	78	18	3	1	0	0
500	96	44	11	3	1	0
550	99	69	24	7	2	1
650	100	94	58	24	9	4
750	100	99	82	47	22	9

Fuente: Hadley Centre, De Murphy et al. 2004

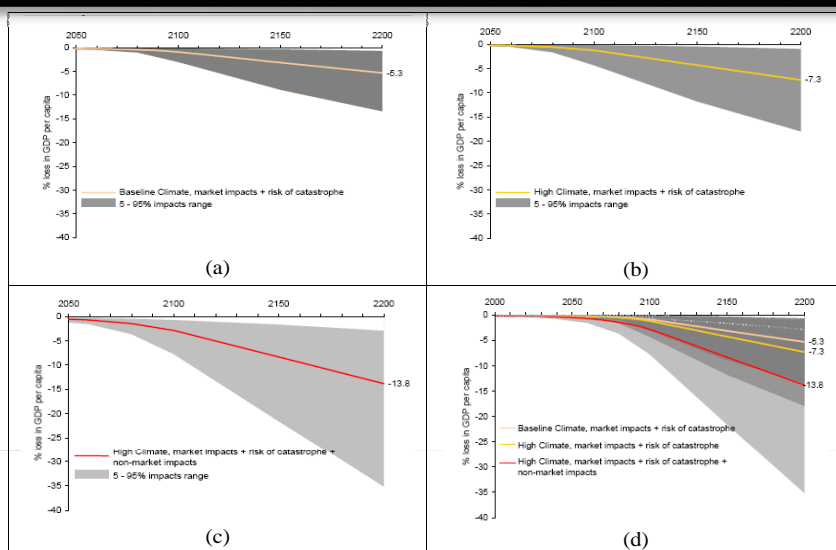


# Estrategia de mitigación

Producción de cereales al doblar el CO2 y 3 grados de temperatura



## Costos del cambio climático en los próximos 200 años



Impacto estimado del Cambio Climático en Estados Unidos del reporte del IPCC de 1996 (miles de millones de dólares de 1990)

Sector	Cline (2.5 C°)	Fankhauser (2.5 C°)	Nordhaus (3 C°)	Titus (4 C°)	Tol (2.5 C°)
Agricultura	17.5	3.4	1.1	1.2	10.0
Perdida forestal	3.3	0.7	(a)	43.6	(a)
Pérdida de especies	4.0	1.4	(a)	(a)	5.0
Aumento en el nivel del mar	7.0	9.0	12.2	5.7	8.5
Electricidad	11.2	7.9	1.1	5.6	(a)
Calefacción no eléctrica	-1.3	(a)	(a)	(a)	(a)
Aire acondicionado móvil	(a)	(a)	(a)	2.5	(a)
Bienestar humano	(a)	(a)		(a)	12.0
Mortalidad y morbilidad humana	5.8	11.4		9.4	37.4
Migración	0.5	0.6		(a)	1.0
Huracanes	0.8	0.2		(a)	0.3
Actividades de recreación	1.7	(a)		(a)	(a)
Oferta de agua					
Disponibilidad	7.0	15.6	0.75 del PIB	11.4	(a)
Contaminación	(a)	(a)		32.6	(a)
Infraestructura urbana	0.1	(a)		(a)	(a)
Contaminación del aire	3.5	7.3		27.2	(a)
<b>Total</b>					
Miles de millones	61.1	69.5	55.5	139.2	74.2
<b>% del PIB</b>	<b>1.1</b>	<b>1.3</b>	<b>1.0</b>	<b>2.5</b>	<b>1.5</b>

Nota: (a) son sectores que no se cuantificaron o se juzgaron muy pequeños  
Fuente: Nordhaus y Boyer (2000)

Sector	Tasa de descuento 0.5%			Tasa de descuento 2%				Tasa de descuento 4%				
	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios	B1	A1B	A2	Promedio de los escenarios
Agrícola	7.54%	11.15%	11.05%	9.91%	3.34%	4.83%	4.63%	4.26%	1.35%	1.91%	1.74%	1.67%
Agua	18.85%	18.85%	18.85%	18.85%	9.41%	9.41%	9.41%	9.41%	4.50%	4.50%	4.50%	4.50%
Uso de suelo	-0.41%	-0.28%	-0.15%	-0.28%	-0.12%	-0.08%	-0.04%	-0.08%	-0.02%	-0.02%	-0.01%	-0.02%
Biodiversidad	0.18%	0.67%	0.71%	0.52%	0.06%	0.22%	0.24%	0.17%	0.02%	0.05%	0.06%	0.04%
Turismo internacional	0.09%	0.19%	0.18%	0.16%	0.04%	0.08%	0.07%	0.06%	0.02%	0.03%	0.03%	0.02%
<b>TOTAL</b>	<b>26.24%</b>	<b>30.58%</b>	<b>30.64%</b>	<b>29.16%</b>	<b>12.73%</b>	<b>14.46%</b>	<b>14.30%</b>	<b>13.83%</b>	<b>5.86%</b>	<b>6.48%</b>	<b>6.32%</b>	<b>6.22%</b>
Pecuario	3.76%	5.27%	5.18%	4.73%	1.68%	2.32%	2.21%	2.07%	0.69%	0.94%	0.86%	0.83%
Biodiversidad-Indirecto	3.63%	8.53%	7.58%	6.58%	1.35%	3.04%	2.63%	2.34%	0.42%	0.80%	0.69%	0.63%
<b>TOTAL (incluyendo pecuario y biodiversidad indirecto)</b>	<b>33.63%</b>	<b>44.38%</b>	<b>43.40%</b>	<b>40.47%</b>	<b>15.76%</b>	<b>19.82%</b>	<b>19.14%</b>	<b>18.24%</b>	<b>6.96%</b>	<b>8.21%</b>	<b>7.86%</b>	<b>7.68%</b>

# LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO

---

Dr. Luis Miguel Galindo

Agosto 2009