

El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú

Paola Vargas*

* Banco Central de Reserva del Perú

**D.T. N°2009-14
Serie de Documentos de Trabajo
Working Paper series
Julio 2009**

Los puntos de vista expresados en este documento de trabajo corresponden a los de la autora y no reflejan necesariamente la posición del Banco Central de Reserva del Perú.
The views expressed in this paper are those of the author and do not reflect necessarily the position of the Central Reserve Bank of Peru.

El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú¹

Paola Vargas²

Banco Central de Reserva del Perú

Junio 2009

***Resumen:** Existe extensa literatura que evidencia que el calentamiento del sistema climático es una realidad y que de no adoptar una política ambiental internacional rígida frente a este tema, se haría más inminente avanzar hacia escenarios extremos de más de 5° C de aumentos de temperatura para fin de siglo; lo que significaría pérdidas de hasta 20% del PBI mundial. Los impactos del cambio climático se distribuyen de manera heterogénea entre países siendo los menos afectados aquellos países con mayor participación en la acumulación de GEI, como China y USA. Entre las regiones más afectadas se encuentran las que tienen sistemas productivos más sensibles al clima como África, el Sur y Sur-Este de Asia y América Latina. Para el caso peruano se estima, basado en el marco teórico propuesto por Dell, et al (2008), que un aumento de 2°C en la temperatura máxima y 20% en la variabilidad de las precipitaciones al 2050, generaría una pérdida de 6% respecto al PBI potencial en el año 2030, mientras que en el año 2050 estas pérdidas serían superiores al 20%; reduciéndose estas pérdidas a menos de la tercera parte en caso se adopten políticas globales que estabilicen la variables climáticas al 2030.*

¹ La autora agradece los comentarios de Daniel Barco y Fernando Vásquez.

² Durante la elaboración de este documento, Paola Vargas se desempeñaba como Especialista en Crecimiento Económico del Banco Central de Reserva del Perú. Actualmente, labora en el Banco Interamericano de Desarrollo. Es posible comunicarse con ella a la siguiente dirección electrónica: pvargas@iadb.org.

Introducción

A partir de la revolución industrial, la actividad humana ha exacerbado el calentamiento global a través de la acumulación acelerada de GEI en la atmósfera, especialmente dióxido de carbono y metano. Así, en lo que va del siglo XXI (2000-2007) la temperatura promedio global se ha elevado en 0,65 °C respecto a la temperatura promedio de la primera mitad del siglo XX.

Las mediciones más difundidas del impacto global del cambio climático estiman pérdidas de hasta 20% del PBI mundial, para aumentos de temperatura por encima de 5°C. Entre las regiones más afectadas ante el cambio climático se encuentran África, el Sur y Sur-Este de Asia y América Latina; mientras que países como China y USA presentan los menores impactos del cambio climático y registran la mayor participación en la acumulación de GEI. De acuerdo con Tyndall Center (2003), el Perú se encontraría entre los diez países más vulnerables ante eventos climáticos junto a países como Honduras, Bangladesh y Venezuela. Esta vulnerabilidad está asociada a la alta dependencia a sectores primarios sensibles al cambio climático, tales como el agrícola y el pesquero, así como al bajo nivel institucional, que dificulta la planificación y ejecución de acciones de adaptación concretas.

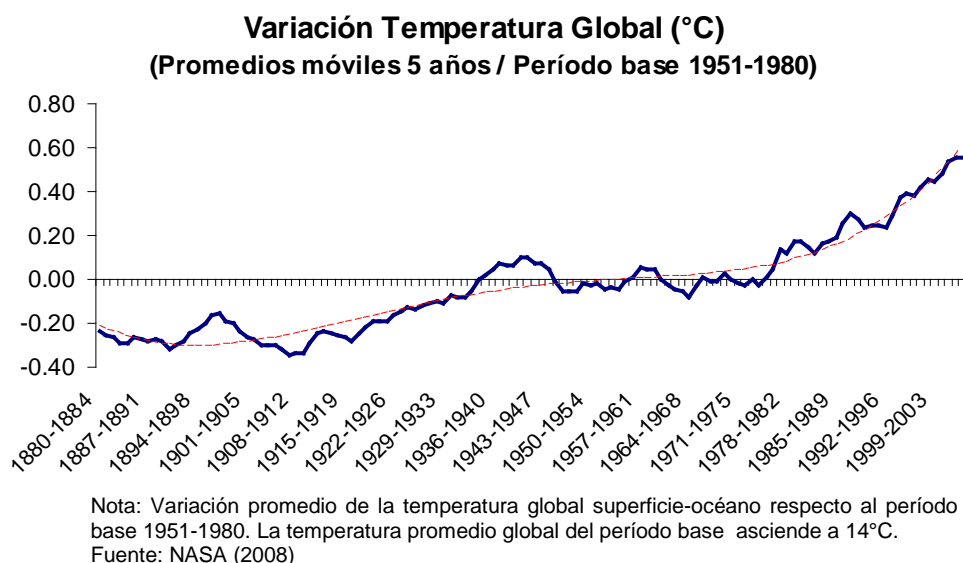
El Perú muestra una gran vulnerabilidad ante variaciones climáticas drásticas, siendo evidencia de ello las pérdidas económicas que implicaron fenómenos como el Niño. Así, bajo un escenario pasivo los efectos del cambio climático podrían ser incluso superiores ya que los efectos se potenciarían al involucrarse otros mecanismos que afectan negativamente el crecimiento; como la pérdida de disponibilidad de recursos hídricos (para consumo humano y generación energética) debido al retroceso glaciar, la pérdida de productividad primaria agrícola y pesquera producto del aumento de la temperatura del mar, la pérdida de biodiversidad, y efectos sobre la salud humana.

Este informe otorga una descripción general sobre el fenómeno de cambio climático, así como el contexto global en el que éste se interrelaciona, enfocando el análisis en las consecuencias e impactos económicos tanto para la economía global como para la peruana. Para el caso peruano en particular, a partir del marco teórico propuesto por Dell, Jones y Olken (2008) se cuantifica el impacto sobre el crecimiento a partir de proyecciones

climáticas al 2050. El trabajo se divide en 7 secciones. La dos primeras secciones primera sección describen de manera general las causas y consecuencias del cambio climático, la sección 3 hace una revisión del impacto del cambio climático a nivel mundial, la sección 4 describe da una mirada a los mecanismos de mitigación comprendidos en el protocolo de Kyoto, la sección 5 y 6, evalúa las consecuencias del cambio climático para el Perú, y finalmente la penúltima y última sección presenta algunas líneas de acción estratégicas y las principales conclusiones y recomendaciones de política, respectivamente.

1 Cambio Climático y Déficit Ecológico

El cambio climático se define como una modificación identificable y persistente del estado del clima³ por variabilidad natural o por efecto de la actividad humana⁴. En la actualidad se viene usando este término para referirse al acelerado calentamiento que se viene produciendo en la superficie terrestre como resultado de una mayor acumulación de Gases de Efecto Invernadero (GEI).



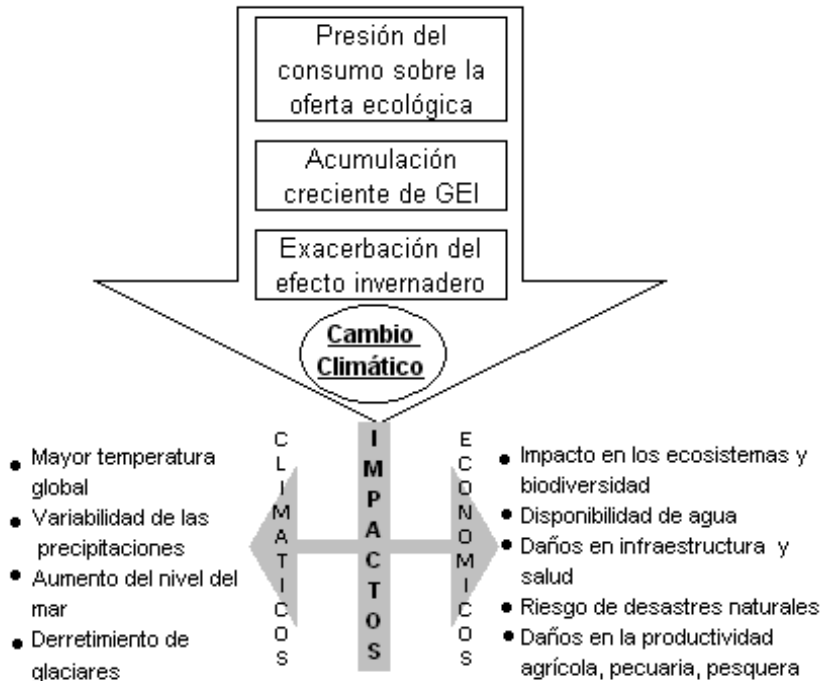
³ Definida, en términos estadísticos, como cambio en el valor medio y/ o en la variabilidad de las propiedades del clima (Ej. temperatura, nivel del mar, precipitaciones, pauta eólica, etc.) que persiste por un periodo prolongado (no menor a decenios).

⁴ Definición de acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Cabe resaltar, que esta definición difiere respecto a la del Convenio Marco para el Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC) quienes atribuyen el cambio climático directa o indirectamente a la actividad humana, independientemente de la actividad climática natural.

Por su parte, el efecto invernadero es un fenómeno que afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. Mediante este efecto determinados gases, que son componentes de una atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Con ello, los GEI garantizan una temperatura promedio global adecuada para vivir. Así, de no existir gases de efecto invernadero en la atmósfera, la temperatura promedio global del planeta alcanzaría los 18°C bajo cero, mientras que la temperatura actual es de 15 grados en promedio. Los GEI son:

- Vapor de agua (H₂O).
- Dióxido de carbono (CO₂).
- Metano (CH₄).
- Óxidos de nitrógeno (N₂O).
- Ozono (O₃).
- Clorofluorocarburos (artificiales).

A partir de la revolución industrial, la actividad humana ha exacerbado el efecto invernadero a través del aumento significativo de GEI en la atmósfera, especialmente dióxido de carbono y metano. De esta manera, se desnaturaliza el mecanismo positivo del efecto invernadero transformándolo en un problema que altera la composición de la atmósfera mundial, la variabilidad natural del clima e intensifica el calentamiento gradual de la superficie.



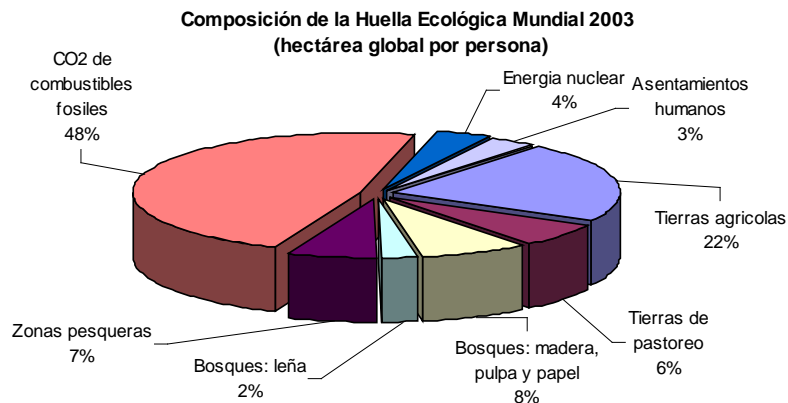
Un indicador para medir el aumento de los GEI y la rapidez del cambio climático es el déficit ecológico. Este déficit es la diferencia entre la Huella Ecológica y la Biocapacidad de la Tierra. Por un lado, la Huella Ecológica es la presión causada por la actividad humana y el consumo sobre los recursos (demanda ecológica). Por el otro lado, la Biocapacidad de la Tierra es la productividad y capacidad de la biosfera para proveer dichos recursos y absorber los desechos generados (oferta ecológica).

En particular, la Huella Ecológica mide la demanda de la humanidad sobre la biosfera en términos del área (tierra y agua) requerida para proporcionar los recursos que utilizamos y absorber los desechos que estas actividades generan. Esta demanda se encuentra en función del tamaño de la población, del volumen de consumo del ciudadano promedio y de la intensidad en el uso de recursos para proveer los bienes y servicios consumidos (eficiencia energética).

Su cálculo se expresa en hectáreas globales, medida que estandariza la cantidad y rendimiento de las hectáreas según el tipo de paisaje y procedencia⁵. Para el caso del componente combustibles fósiles, una hectárea global corresponde al área estimada de bosque necesaria para capturar la emisión de CO₂ que genera la quema de dichos

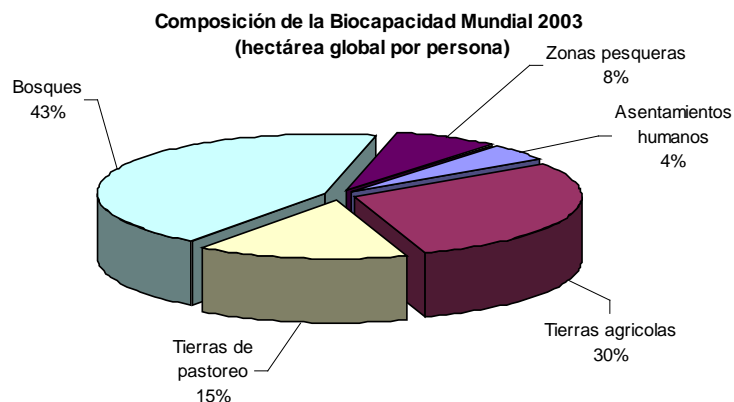
⁵ Por ejemplo una hectárea de tierras agrícolas representa 2,21 hectáreas globales; mientras que las tierras de pastoreo equivalen a 0,49 hectáreas globales.

combustibles, mientras que la huella de energía nuclear se calcula como una medida equivalente de electricidad a la proveniente de combustibles fósiles.



Fuente: Red de la Huella Global (Global Footprint Network)

Asimismo, la Biocapacidad de la Tierra es la cantidad de área biológicamente productiva disponible para suplir las necesidades de la humanidad y absorber los desechos generados por la actividad humana. Su escala también se expresa en hectáreas globales o estandarizadas e incluye entre sus componentes; las tierras agrícolas y de pastoreo, los bosques y zonas pesqueras, así como un componente de infraestructura.



Fuente: Red de la Huella Global (Global Footprint Network)

Según el Informe Planeta Vivo (2006), la Huella Ecológica global en el 2003 fue 14.1 miles de millones de hectáreas globales, o 2,2 hectáreas globales por persona; mientras que la Biocapacidad fue de 11,2 miles de millones de hectáreas globales, o 1,8 hectáreas globales por persona, generando un déficit ecológico de aproximadamente 25% de la capacidad regenerativa de la tierra.

Este déficit ecológico tiene dos consecuencias que aceleran el cambio climático. Por un lado, se emite una mayor cantidad de GEI de los que la tierra está en capacidad de absorber; y por el otro, se depredan recursos naturales capaces de absorber la emisión de GEI, con lo que la Biocapacidad de la tierra disminuye.

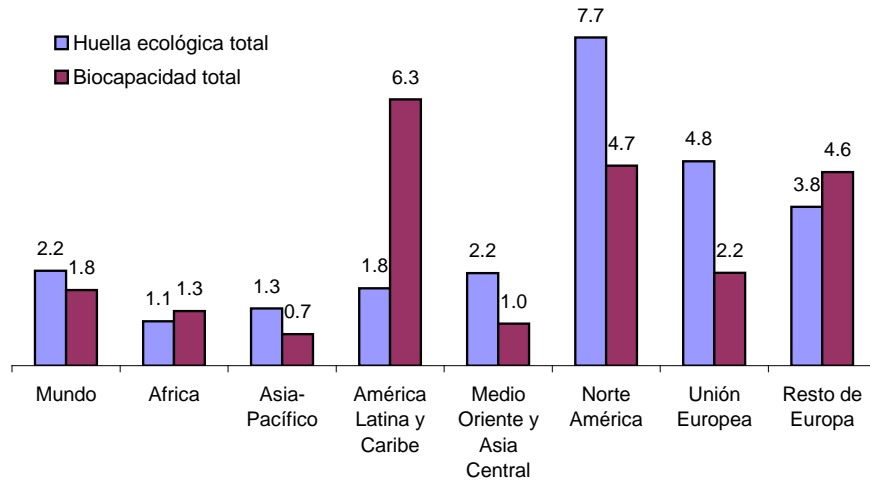
Este déficit ecológico se viene experimentando desde finales de la década del 80; con el riesgo de agotar del patrimonio ecológico y causar el colapso a gran escala de los ecosistemas⁶, afectando, con ello, la sostenibilidad de generaciones futuras.

A nivel regional, América del Norte tiene el déficit per capita mas elevado de Biocapacidad (3 hectáreas globales); es decir, utiliza mas recursos y genera mayores desechos de lo que puede producir y absorber su propio ecosistema. Cabe resaltar que Estados Unidos por sí solo tiene un desbalance ecológico de casi 5 hectáreas globales per cápita; lo que a nivel regional se compensa parcialmente con el crédito ecológico o reserva de Canadá, de aproximadamente 7 hectáreas globales per cápita.

Por el contrario, América Latina y el Caribe es la región con mayor crédito ecológico per cápita (4,5 hectáreas globales), destacando las reservas per capita de Bolivia, Brasil y Uruguay (13,7, 7,8 y 6,1 hectáreas globales, respectivamente). El Perú cuenta con un crédito ecológico de 3 hectáreas globales per cápita.

⁶ Un ecosistema es un nivel de organización de la naturaleza conformado por todos los organismos vivos de un ambiente determinado (comunidad o biocenosis) y por sus componentes no vivos como la tierra, clima, temperatura, etc. (biotipo). Considera las relaciones entre los organismos vivos entre sí y su interacción con el sistema físico que los atraviesa. Ejemplos de ecosistemas: la ecósfera (ecosistema mayor), el océano atlántico, los bosques amazónicos, una laguna; etc.

**Biocapacidad y Huella Ecológica 2003
(ha global por persona)**



Fuente: Red de la Huella Global (Global Footprint Network)

2 Stock y Emisiones de GEI

Los principales GEI generados por la actividad humana (antropogénicos) son dióxido de carbono o CO₂ (77 por ciento de la emisión de gases antropogénicos del año 2004), metano o CH₄ (14 por ciento) y óxido nitroso o N₂O (8 por ciento)^{7 8}. En cuanto a la emisión de CO₂, el 56.6% de la misma proviene del uso de combustibles fósiles, seguido por la deforestación y degradación de la biomasa, con un 17.3%. El metano se origina en la producción y manipulación de combustibles (como las pérdidas por venteo de pozos de petróleo y escapes de gas natural), cultivos de arroz y ganadería. Por último, el óxido nitroso proviene principalmente de las emisiones del transporte, fuentes industriales y del uso de fertilizantes y químicos en la actividad agropecuaria.

En este sentido, las fuentes principales de los GEI emitidos por la humanidad son la actividad industrial, el sector energía, y, en menor medida, la actividad agropecuaria. Sin embargo, la quema de biomasa en la agricultura y en los bosques tiene una especial importancia ya que además de liberar gases invernadero también disminuye la captura de carbono a través de la fotosíntesis.

⁷ La emisión de gases es medida en términos de CO₂ equivalente.

⁸ El GEI más abundante es el vapor de agua; no obstante, se precisa que genera un impacto climático de corta duración y que la actividad humana tiene una influencia menor en su acumulación.

Fuentes generadoras de Gases de Efecto Invernadero

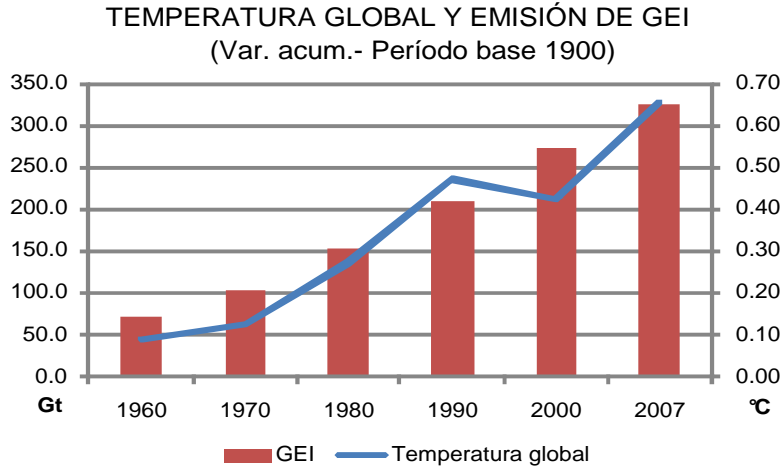
Fuente	Actividad	Emisión de GEI		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Quema de combustibles	-Generación de energía	X	X	X
	-Sector Industrial			
	-Transporte			
	-Residencial			
Emisiones fugitivas	-Almacenamiento y transporte de combustibles fósiles		X	
Procesos industriales	-Producción minera	X	X	
	-Industria química			
	-Producción de metales			
Agricultura	-Fermentación entérica	X	X	X
	-Cultivos de arroz			
	-Quema de sabanas			
	-Uso de suelos agrícolas			
Cambio de Uso de Suelo	-Cambio en bosques y otros stocks de biomasa leñosa	X	X	X
	-Conversión de bosques y pastizales			
	-Abandono de tierras manejadas			
Desechos	-Aguas residuales	X	X	X
	-Rellenos sanitarios			
	-Botaderos			

CO₂ : dióxido de carbono, CH₄ : metano, N₂O : óxido de nitrógeno

Fuente: Cambio Climático y Desarrollo Sostenible en el Perú. CONAM 2002

El stock de GEI, fuente fundamental del cambio climático, ha aumentado notablemente desde la segunda mitad del siglo XX por efecto principal de la actividad humana: el promedio anual de las emisiones mundiales de GEI para el periodo 2000-07 ha aumentado en 260 por ciento respecto a la década 1950-59.

Consistentemente con la evolución de la concentración de GEI, el proceso de calentamiento global se ha acelerado en décadas recientes: la temperatura promedio 2000-07 creció en 0.34° C respecto a la década 1980-89; mientras que esta última creció en 0.19° C respecto a la década 1960-69. Así, con lo que va del siglo 21 (2000-2007) la temperatura promedio global se ha elevado en 0.65 oC respecto a la temperatura de la primera mitad del siglo pasado (1900-1949).



Nota: Variación acumulada a partir del periodo base 1900. Temperatura global promedio superficie-oceano en grados Celsius. Emisiones globales de carbón en gigatoneladas
Fuente: NASA (2008), FMI (2007).

Cabe precisar que, a pesar de que las políticas ambientales están limitadas a reducir las emisiones o flujo de GEI, el cambio climático como resultado del aumento de la temperatura global (TG) es consecuencia principal del stock de GEI (SG).

$$TG_t = f(SG_t)$$

Por su parte, SG variará cada año principalmente debido a los siguientes factores:

- a. Las nuevas emisiones o el flujo de GEI (FG) como producto de la actividad humana o natural.
- b. La capacidad de captura de gases, como CO₂, por parte de la biomasa terrestre ($\gamma * SG$).
- c. La disipación natural de los gases presentes en la atmósfera ($\delta * SG$).⁹

$$SG_{t+1} = SG_t + FG_t - \gamma * SG_t - \delta * SG_t$$

La estabilización de SG supone que $SG_t = SG_{t+1}$. En este caso:

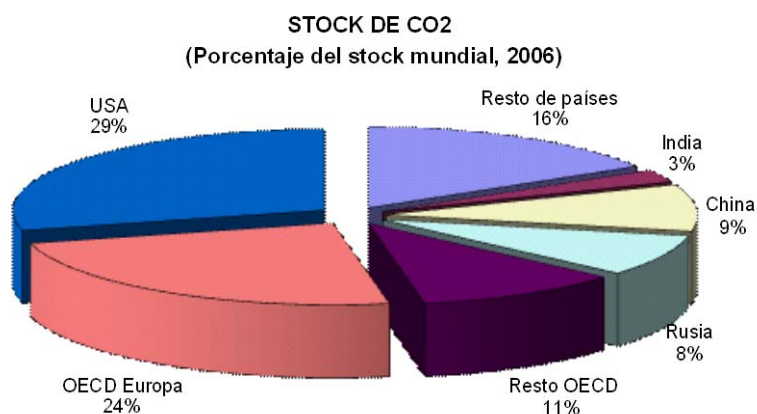
$$SG_t = \frac{FG_t}{\gamma + \delta}$$

En este sentido, un flujo constante de emisiones (FG) corresponde a un stock (SG) en el largo plazo. Por lo tanto, las metas de emisiones de gases (FG) son consistentes con

⁹ El tiempo promedio de permanencia del dióxido de carbono (CO₂) y del óxido de nitrógeno (N₂O) se calcula en 120 años; mientras que para el metano (CH₄) asciende a 12 años.

un stock de GEI (SG). Cabe señalar, que las emisiones de GEI no tienen que ser nulas para estabilizar este stock. Así, un objetivo ambicioso de reducción de emisiones es aquel que sea compatible con la eliminación del déficit ecológico y la estabilización del stock de GEI a un nivel que proporcione una temperatura estable en el planeta.

La emisión histórica de GEI por efecto de la actividad humana se explica principalmente por el nivel de desarrollo, crecimiento económico y población de los países. Así, las economías desarrolladas explicarían más del 75 por ciento del stock de GEI acumulado desde 1750.

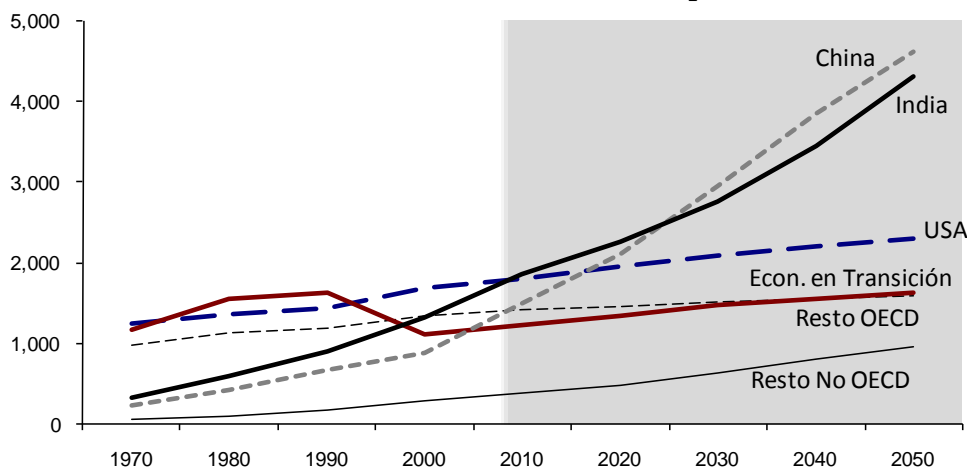


Nota: Stock de CO2 por fuente energética desde el año 1900.

Fuente: EIA (2007), FMI(2008)

Sin embargo, este patrón ha variado y actualmente, los países emergentes son los principales contribuyentes al crecimiento de las emisiones; sobre todo países de rápido crecimiento económico con población numerosa como China e India.

EMISIONES DE CO2 HISTÓRICAS Y PROYECTADAS (millones de toneladas de carbono por año)



Nota: Emisiones de carbono por fuente energética. Las proyecciones asumen un escenario de política ambiental pasivo ("Business-as-Usual").

Fuente: EIA (2007), FMI (2007).

3 El Cambio Climático a Nivel Mundial

Las observaciones empíricas sugieren que el calentamiento del sistema climático es una realidad y se caracteriza por:

- Incremento de la temperatura global: Según la NASA; la temperatura promedio global superficie-océano aumentó en promedio $0,01^{\circ}\text{C}$ al año en el período 1900-2007. Así, al 2007 la temperatura global promedio habría aumentado en $0,66^{\circ}\text{C}$ respecto al año 1900.
- Aumento del nivel de los océanos mundiales: 2 milímetros promedio al año en el período 1961-2003.
- Deshielo generalizado de nevados, glaciares y mantos polares: Las mediciones satelitales revelan que los glaciares de Groenlandia y la Antártida están perdiéndose a un ritmo de 125 mil millones de toneladas al año.
- Mayor variabilidad de las precipitaciones: El calentamiento global produce una mayor evaporación de la superficie del océano, intensificando el ciclo hidrológico y aumentando las precipitaciones de manera variable. Así, se prevé que aumentarían en latitudes altas y disminuirían en las bajas.

Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2007), las observaciones obtenidas en todos los continentes y en la mayoría de los océanos evidencian que muchos sistemas naturales vinculados a la nieve, hielo y terreno congelado están siendo afectados por el aumento de la temperatura. Esto sugiere que el actual calentamiento estaría afectando notablemente los sistemas climáticos y biológicos.

Al respecto, se observa un descenso de la cubierta de nieve y una menor extensión de los hielos marinos en el Hemisferio Norte, el acortamiento de las estaciones gélidas en lagos y ríos, el deshielo de glaciares, avalanchas de rocas en regiones montañosas, cambios en algunos ecosistemas árticos y antárticos, desplazamiento hacia los polos y hacia niveles altos del ámbito geográfico de las especies vegetales y animales, entre otros.

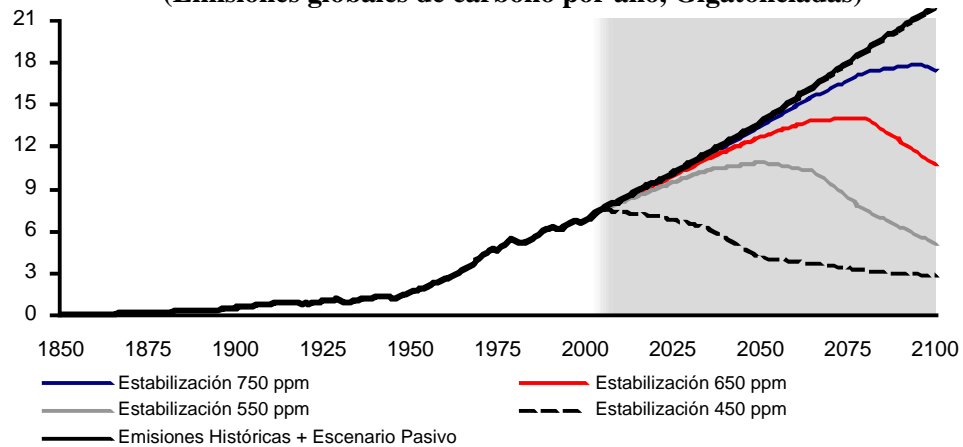
Asimismo, se encuentran en cierta medida documentados, los efectos del aumento de temperatura sobre diversos sistemas de gestión agrícola, forestal, salud humana, entre otros. Así, se evidencia plantaciones más tempranas de cultivos en primavera en latitudes superiores del Hemisferio Norte, alteración de los regímenes de perturbación de los bosques por incendios y plagas, aumento de la mortalidad causada por el calor en Europa y cambios en los vectores de enfermedades infecciosas en ciertas partes de ese continente.

Hacia el futuro, las proyecciones especializadas¹⁰ sugieren que, en un escenario pasivo de política ambiental (Business-as-Usual), las emisiones de GEI se incrementarán en más de 200 por ciento entre los años 2000 y 2100¹¹. Consecuentemente, se proyecta un incremento de la temperatura global promedio entre 1.1 oC y 6.4 oC al 2100, respecto a niveles pre industriales. Si tomamos en cuenta que desde la última glaciación, hace 20 000 años, la tierra se ha calentado aproximadamente 5 grados centígrados; las variaciones estimadas de la temperatura global dejan de parecer insignificantes. En esta línea el Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) estima que de darse un aumento del promedio mundial de temperatura entre 1.5 – 2.5 ° C, aproximadamente el 20 o 30 por ciento de las especies de plantas y animales estaría en riesgo de extinción.

¹⁰ Edmonds et al. (2007), Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) (2007), FMI (2007).

¹¹ De 6,7 a 21,8 gigatoneladas de emisiones globales de carbón entre el año 2000 y el 2100.

**EMISIONES DE GEI HISTÓRICAS Y PROYECTADAS PARA
ESCENARIO PASIVO Y METAS DE ESTABILIZACIÓN ALTERNATIVAS
(Emisiones globales de carbono por año, Gigatoneladas)**



Fuente: Edmonds et al. (2007), FMI(2007)

El stock de GEI que no generaría mayor efecto sobre la temperatura global es de 450 ppm (partículas por millón). Sin embargo, la estabilización del stock de GEI a este nivel requiere una reducción gradual del 65 por ciento de las emisiones promedio anual de GEI actuales al año 2100. Bajo este escenario de estabilización deberíamos llegar al 2100 con un promedio anual de emisiones de 2.7 gigatoneladas anuales de emisiones globales de carbono; mientras que en el presente año ese promedio ascendía a 7.9.

Dado que el escenario que estabilice el clima es altamente ambicioso, se esperan aumentos en la temperatura atmosférica y de los océanos, generando cambios en la precipitación y en los niveles de escorrentía para mediados del presente siglo. Así, en áreas tropicales pluviales la escorrentía anual aumentaría entre 10 y 40 por ciento, incrementando la variabilidad de las precipitaciones y los efectos negativos que ello conlleva como el aumento del riesgo de crecidas, impactos en la infraestructura y calidad del agua. Por otro lado, en latitudes medias y trópicos secos la escorrentía disminuiría en 10 a 30 por ciento y, con ello, los servicios proporcionados por fuente hídrica (Informe del IPCC 2007).

Otros impactos del cambio climático serían el cambio en las propiedades físicas y biológicas de los lagos y ríos de agua dulce, y sus efectos sobre numerosas especies de agua dulce; mientras que en las áreas costeras, se agravaría la disponibilidad de recursos hídricos debido al aumento del nivel del mar y a una mayor salinización de los suministros de agua subterránea.

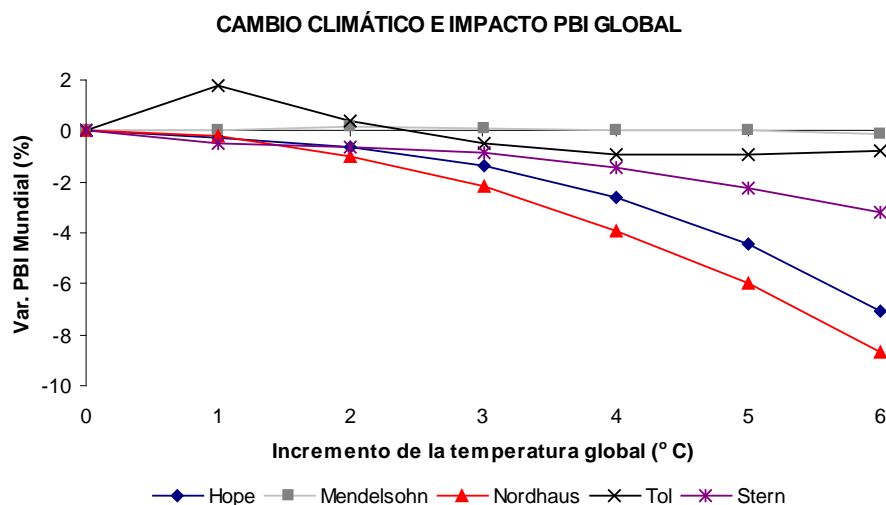
Sectores	Descripción de impactos	Var. de temperatura
Ecosistemas y biodiversidad	Mayor riesgo de extinción para el 30% de especies	>1.5°C
	Cambios en la estructura y función de ecosistemas, interacciones ecológicas y desplazamientos de ámbito geográfico de las especies	Entre 1.5°C y 2.5°C
	Muerte o blanqueamiento de comunidades de coral	>2°C
	Riesgo de pérdida de la selva amazónica. A partir de 3°C superaría el 40% (sabanización)	>2°C
	Frecuencia de incendios naturales aumentaría en 60%	>3°C
Alimentos	Menor productividad en cereales	>0.5°C
	Menor productividad de cultivos en latitudes bajas	
	Aumento ligero en la productividad de los cultivos en latitudes medias y altas	>1°C
	Tendencia descendente de la productividad cerealera en latitudes bajas. A partir de 4°C la productividad de todos los cereales en latitudes bajas disminuiría.	>1.5°C
	Impactos negativos en productividad de praderas y pastizales	
	Reducción del potencial de producción alimentaria mundial	>3°C
Agua	Rendimiento agrícola cae entre 15-35% en África, y regiones enteras se quedan sin producción (ej. partes de Australia)	Entre 3.5°C y 4.5°C
	Acidificación del océano trastorna seriamente los ecosistemas marinos y stock de peces	Entre 4.5°C y 5.5°C
	En trópicos húmedos y latitudes altas: mayor disponibilidad de agua	
	En latitudes medias y bajas semiáridas: menor disponibilidad de agua	>0.5°C
	Mayor estrés hídrico por reducción de la disponibilidad de agua para consumo y pérdida de potencial hidroeléctrico.	>0.5°C
	Deglaciación acelerada y reducción de la cubierta de nieve.	>1°C
	Desaparición completa de pequeños glaciares de montaña en los Andes, amenazando la disponibilidad de agua para aprox. 50 millones de personas	Entre 0.5°C y 1.5°C
Disminución de disponibilidad de agua en 20-30% en regiones vulnerables como El Sur-Este de África y la región Mediterránea	Entre 1.5°C y 2.5°C	
Entre 1-4 billones de personas adicionales enfrentarían escasez de agua		
Más disponibilidad de agua para 1-5 billones de personas, y en consecuencia, mayores riesgos de inundación	Entre 2.5°C y 3.5°C	
Posible desaparición de los glaciares del Himalayas (1/4 de la población China afectada, entre otros)	Entre 4.5°C y 5.5°C	
Costas	Aumento de crecidas del nivel del mar y tempestades	>0.5°C
	Pérdida de aprox. 30% de humedales costeros	>3.5°C
Salud	Aumento de carga de malnutrición, enfermedades diarreicas, cardiorrespiratorias e infecciosas (más de 300,000 personas al año fallecen por aumento de la incidencia de enfermedades como diarrea, malaria y malnutrición)	>1°C
	Mayor morbilidad y mortalidad por olas de calor, crecidas y sequías.	
	Cambio en la distribución de algunos vectores de enfermedades	
	Reducción de defunciones por exposición al frío en latitudes altas (Nor Este Europa y USA)	Entre 0.5°C y 1.5°C
Incremento en transmisión del dengue de 2 a 5 veces en zonas de América del Sur	>2°C	

Nota: Variación de la temperatura respecto a niveles pre-industriales (aprox. 1750). Se aproxima los impactos reportados por el IPCC a cambios en la temperatura respecto niveles pre-industriales; dado que las variaciones de la temperatura del reporte original se encuentran respecto del período 1980-1999.

Fuente: El cambio climático no tiene fronteras. Comunidad Andina (2008), IPCC (2007), Informe Stern (2007)

Los impactos del cambio climático se ven intensificados con el aumento esperado de la variación de la temperatura y comprometen a diversos sectores y actividades económicas así como al ecosistema en general. Con un alto nivel de certeza, estos cambios climáticos producirán efectos en la productividad agrícola, disponibilidad de agua, generación eléctrica e infraestructura, principalmente.

En cuanto al impacto económico global del cambio climático, existen diversos estudios que cuantifican la pérdida sobre el PBI global ante incrementos en la temperatura promedio¹². Sin embargo, en su mayoría, no cubren impactos de no mercado ni riesgos de variaciones climáticas extremas por lo que representarían la cota inferior de los posibles impactos esperados del cambio climático.



Nota: Los estimados dependen de la metodología empleada y la cobertura de impactos y riesgos considerada.

Fuente: FMI (2008).

Dichos estudios sugieren que el impacto del cambio climático sobre el PBI global es significativo y no lineal dado que está en función de la magnitud del incremento de la temperatura. Como referencia, aumentos moderados de la temperatura (2° C) generarían una reducción máxima del PBI mundial del orden de 1 por ciento al año 2100; mientras que

¹² Los diversos estudios abarcan diversos impactos de mercado y de no mercado. Entre los impactos de mercado se encuentran los efectos sobre sectores sensibles como la agricultura, pesca, sector forestal, daños en zonas costeras por incremento del nivel del mar, demanda energética, disponibilidad de recursos hídricos, etc. Entre los efectos de no mercado se encuentran los impactos sobre la salud, daño en los ecosistemas como la pérdida de biodiversidad, entre otros factores.

incrementos significativos (por encima de 5° C) implicarían una disminución de hasta 9 por ciento a dicha fecha.

Sin embargo, Stern (2007) estima adicionalmente impactos de cambio climático considerando escenarios más agresivos. Así, bajo un escenario de crecimiento pasivo (business as usual) e incorporando factores de no mercado (consecuencias directas sobre el medio ambiente y la salud humana), efectos amplificadores dentro del sistema climático¹³, y un mayor peso relativo a las economías más vulnerables; estima que el cambio climático generaría pérdidas del PBI global en un rango entre 5 y 20% para aumentos de temperatura entre 5 y 6°C para final del siglo; constituyéndose entre los máximos impactos globales estimados.

Por otro lado, la distribución de causas y efectos del cambio climático entre países y generaciones no es uniforme. En particular, países de ingresos bajos que contribuyen marginalmente a la acumulación de GI sufrirán, probablemente, el mayor impacto social del calentamiento global. En esta línea el Tyndall Center (2003), posiciona al Perú entre los diez países más vulnerables ante eventos climáticos junto a países como Honduras, Bangladesh, Venezuela, entre otros. El estudio cuantifica el número de personas afectadas por desastres naturales (asociados a la variabilidad climática) como aproximación al cálculo del riesgo climático. Perú se encuentra entre los diez países más afectados por eventos climáticos durante el período 1991-2000.

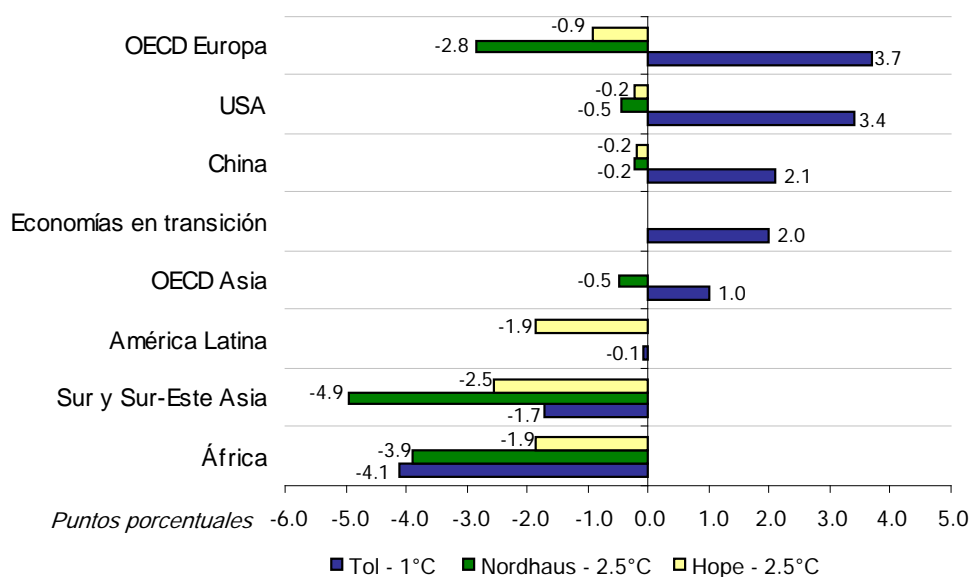
La heterogeneidad en los efectos del cambio climático se explica por factores estructurales y características específicas a cada país (como temperatura promedio inicial, nivel de ingreso per cápita y desarrollo, riesgos ante aumento del nivel del mar en zonas costeras, etc.). En esta línea, el aumento moderado de la temperatura global incrementaría la productividad agrícola y el producto en países con temperaturas promedio iniciales bajas y reduciría la de aquellas con temperaturas promedio iniciales altas.

En general, los diversos estudios empíricos sugieren que entre las regiones más afectadas por el aumento de la temperatura (en 1°C según Tol y en 2.5°C para Nordhaus y Hope) se encuentran África, el Sur y Sur-Este de Asia y América Latina. Los efectos sobre estas regiones están relacionados a tres factores. Primero, las economías de los países en desarrollo típicamente tienen una alta dependencia a sectores primarios sensibles al cambio

¹³ Posible creciente sensibilidad del sistema climático a la acumulación de GEI

climático, tales como el agrícola, pesquero o forestal. Segundo, la población es altamente vulnerable debido al bajo ingreso per cápita y los deficientes servicios públicos. Tercero, los países con temperaturas promedio iniciales altas son especialmente vulnerables a incrementos adicionales de la temperatura debido a los cambios que se producen en la productividad agrícola, la morbilidad y la mortalidad.

CAMBIO CLIMÁTICO E IMPACTO PBI



Nota: Estimación del impacto del cambio climático sobre el PBI Mundial: Tol +2.3, Nordhaus -1.5, Hope -1.15. Tol incluye en China el impacto de otras economías asiáticas planificadas ("centrally planned economies"). En Nordhaus, OECD Asia se refiere sólo a Japón. En Nordhaus y Hope; el Sur y Sur-Este de Asia se refieren sólo a la India.

Fuente: Tol (2002), Nordhaus and Boyer (2000), Hope (2006), FMI (2008).

En contraste, China y USA, países con mayor participación en la acumulación de GEI, enfrentarían impactos menores y en algunos estudios incluso positivos, según los distintos escenarios de estimación.

Todos los escenarios activos implican la adopción de políticas de mitigación cuyos costos dependen de los objetivos de estabilización específicos. Así, aumentos de temperatura que no generen cambios climáticos significativos, sólo se alcanzarían con metas estrictas de estabilización y en consecuencia con mayores niveles de inversión o gasto en política ambiental. Por el contrario, los costos asociados a escenarios pasivos se

encuentran ligados principalmente al proceso de adaptación en la actividad agrícola, prevención de desastres, y disponibilidad de recursos hídricos.

Considerando el largo tiempo de permanencia de los GEI en la atmósfera; una estabilización del stock de GEI consecuente con menores variaciones climáticas, implicaría tomar las debidas acciones para adelantar lo antes posible la fecha máxima en que las emisiones alcancen su máximo valor. En esta línea, el aumento de la temperatura promedio global por debajo de 2.4°C respecto a niveles pre-industriales obligaría que a partir del 2015 como máximo, se reduzca de manera gradual el nivel promedio de emisiones, llegando a reducir al 2050 hasta un 85 por ciento de las mismas.

Según el IPCC, los costos de mitigación para alcanzar un objetivo de estabilización activo entre 445 y 535 ppm de CO₂ equivalente (CO₂-eq); implicarían una reducción de la tasa de crecimiento promedio anual de 0,12 puntos porcentuales de aquí al 2050 implicando una pérdida del PBI mundial en el 2050 de 5,5%. Por el contrario; un objetivo de estabilización menos ambicioso, del orden de 590 a 710 ppm de CO₂-eq, se alcanzaría con menores costos de mitigación (hasta una pérdida de 2% del PBI mundial en el 2050 con una reducción en la tasa de crecimiento promedio anual de 0,05 puntos porcentuales); pero a la vez incrementaría los riesgos y vulnerabilidades ante un cambio de temperatura promedio global por encima de 3°C respecto a niveles pre-industriales.

Escenarios de Estabilización de CO₂

Categoría	Metas de estabilización ^{a/}		Período de emisiones máximas	Var. Emisiones CO ₂ al 2050 ^{b/}	Aumento promedio temperatura global ^{c/}
	CO ₂	CO ₂ equivalente			
	ppm	ppm	Año	%	°C
I	350 – 400	445 – 490	2000 – 2015	-85 y -50	2 – 2.4
II	400 – 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 y -30	2.4 – 2.8
III	440 – 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 y 5	2.8 – 3.2
IV	485 – 570	590 – 710	2020 – 2060	10 y 60	3.2 – 4
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	25 y 85	4 – 4.9
VI	660 – 790	855 – 1130	2060 – 2090	90 y 140	4.9 – 6.1

Fuente: Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC 2007

^{a/} Concentración de CO₂ y CO₂-equivalente en el punto de estabilización. Las emisiones en CO₂-equivalente incluyen todos los GEI y aerosoles. En el 2005, las concentraciones de CO₂ y CO₂-equivalente (este último incluyendo GEI y aerosoles) se estimaron en 379 ppm y 375 ppm, respectivamente.

^{b/} Variación porcentual del nivel de emisiones de 2000

^{c/} Aumento en condiciones de equilibrio respecto del nivel pre-industrial. Se basa en una estimación óptima de la sensibilidad climática cifrada en 3°C. Para la mayoría de escenarios la estabilización de las concentraciones de GEI se alcanza entre 2100 y 2150; mientras que el promedio de la temperatura mundial alcanza el nivel de equilibrio a lo largo de varios siglos (para los escenarios I y II la temperatura de equilibrio podría alcanzarse antes).

Sólo se hace evidente el trade-off favorable entre la inversión en políticas de mitigación y los impactos globales asociados a una mayor emisión de GEI; cuando se incorporan estudios como el del Informe Stern, que abarca mayores riesgos del efecto

climático llegando a estimar impactos totales del orden de 20% del PBI global y costos de mitigación ascendentes en promedio a 1% del PBI mundial.

Asimismo, la magnitud de este trade-off varía entre regiones. Así, para USA o China, donde no se ha verificado con alto nivel de certeza un impacto negativo del cambio climático, los costos de mitigación son relativamente mayores.

Se sostiene que mientras más demore la aplicación de políticas de mitigación, más costosa se hará la estabilización del stock a un nivel específico que no genere cambios climáticos importantes. Así, Bosetti, Carraro, et al (2008) encuentran que postergar la adopción de políticas de mitigación más rígidas (equivalente a 550 ppm CO₂-eq) en 20 años; implicaría asumir costos adicionales de \$2.2 billones por cada año de demora, y pasar de costos de 2.3% de PBI mundial a 5.5%.

Estos resultados son de gran consideración, debido a que la adopción de políticas equivalentes a una meta de estabilización en promedio de 550 ppm CO₂-eq; ya estaría generando incrementos de temperatura significativos (entre un rango de 2.8 y 3.2°C); por lo que postergar en 20 años la adopción de políticas ambientales podría hacernos incurrir aún en costos mayores asociados a los potenciales daños e impactos por habernos expuesto a esas variaciones climáticas.

4 El Protocolo de Kyoto y el Mercado de Bonos de Carbono

El Protocolo de Kyoto es una de las iniciativas a nivel internacional para reducir las amenazas del cambio climático mediante compromisos de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero¹⁴ por parte de los países desarrollados (incluidos en el Anexo I del Protocolo de Kyoto). En dicho marco, que entró en vigor el 16 de febrero del 2005, las naciones desarrolladas se comprometieron a reducir las emisiones globales en un promedio de 5 por ciento por debajo de los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012.

¹⁴ Los compromisos cubren la emisión de los seis principales gases: Dióxido de Carbono, metano, óxido nitroso, carbón hidrofúorico, carbón perfluorico y sulfuro hexafluorico.

Compromiso de reducción bajo el Protocolo de Kyoto respecto al nivel de 1990

País	% reducción al 2008-12
UE-15, Bulgaria, República Checa, Estonia, Latvia, Liechtenstein, Lituania, Monaco, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, Suiza	-8%
Canada, Hungría, Japón, Polonia	-6%
Croacia	-5%
Nueva Zelanda, Federación Rusa, Ucrania	0
Noruega	1%
Australia	8%
Islandia	10%

Fuente: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Wikipedia

*El reparto de los compromisos de reducción en los países de la UE se efectuó como sigue: Alemania (-21%), Austria (-13%), Bélgica (-7,5%), Dinamarca (-21%), Italia (-6,5%), Luxemburgo (-28%), Países Bajos (-6%), Reino Unido (-12,5%), Finlandia (-2,6%), Francia (-1,9%), España (+15%), Grecia (+25%), Irlanda (+13%), Portugal (+27%) y Suecia (+4%).

Los países desarrollados que han ratificado el protocolo emiten actualmente más del 60% de las emisiones globales de dióxido de carbono. Sin embargo, países como EEUU, China e India, importantes contribuyentes al crecimiento de las emisiones; aún no lo han ratificado. Este comportamiento es consistente con la comparación entre los impactos estimados y los costos de mitigación: por un lado, tendrían que asumir los costos más altos, debido a que son los países con más altas emisiones de GEI y, por otro lado, obtendrían un nivel de beneficios menores de estas políticas dado que son los menos afectados.

Para cumplir sus objetivos, el protocolo estableció tres mecanismos de mitigación que se adaptan a las distintas condiciones de los países miembros:

- Comercio Internacional de Emisiones (CIE): Permite el intercambio comercial de permisos de emisión entre países con compromisos de reducción establecidos (países del Anexo I del Protocolo de Kyoto). Es decir, aquellos países que reduzcan emisiones por encima de lo exigido en el protocolo, podrán vender éste exceso a otros países para su acreditación respectiva.
- Implementación Conjunta (IC): permite que los países del Anexo I compren créditos de reducción de emisiones provenientes de proyectos ejecutados en otros países del Anexo I; en especial en economías en transición.
- Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): similar al mecanismo de IC, con la diferencia que acredita como parte de la meta de reducción, proyectos llevados a cabo

en países en desarrollo. Las emisiones reducidas por este medio se denominan Certificado de Reducción de Emisiones (CRE) o CER por sus siglas en inglés¹⁵.

El MDL, se convierte en una importante herramienta para fomentar el desarrollo sostenible y apoyar la transferencia de recursos y tecnología no contaminante en países en desarrollo, al mismo tiempo que permite reducir la emisión global de GEI y cumplir con las metas establecidas.

Estos y otros mecanismos de reducción de emisiones han dado lugar a la aparición de distintos mercados de bonos de carbono. Estos mercados se basan en el principio de que la reducción de emisiones contaminantes producirá un efecto positivo global de similar magnitud, sin importar el lugar donde se reduzcan las mismas. El mercado de bonos de carbono más importante es el European Emission Trading Scheme (EU ETS). En este mercado se pueden transar los CRE y los demás activos originados a través de los mecanismos del Protocolo de Kyoto. Sin embargo, los tres mecanismos del Protocolo de Kyoto también permiten la financiación de proyectos directamente para cumplir con las obligaciones de reducción de emisiones.

En consecuencia, los CRE's que se generan vía proyectos en países de desarrollo pueden ser vendidos a países industrializados en mercados de carbono como el EU ETS y otros esquemas internacionales como el de Australia (New South Wales), Canadá o Japón. En el 2007, el mercado de carbono creció más del doble respecto al 2006, alcanzando la cifra de US \$ 64 034 millones; siendo el Régimen de la Unión Europea, quien predomina en el comercio de derechos de emisión (78% del valor mundial).

Mercado	Mill tCO ₂ e	Mill US\$	Mill US\$ por Mill tCO ₂ e
EU ETS ¹⁷	2061	50097	24.3
Mecanismo de Desarrollo Limpio	791	12877	16.3
Implementación Conjunta	41	499	12.2
New South Wales	25	224	9.0
Mercado Voluntario	42	265	6.3
Chicago Climate Exchange	23	72	3.1

¹⁷European Union Emission Trading Scheme. Fuente: State and Trends of the Carbon Market 2008. World Bank Institute

China presenta un gran liderazgo en el comercio de emisiones reducidas vía proyectos. Considerando sólo los proyectos registrados, participa en 317 proyectos y cuenta

¹⁵ Certified Emission Reductions

con más del 40 por ciento de unidades de CRE's. Perú se encuentra entre los diez principales países con mayor número de proyectos registrados alcanzando una reducción esperada de emisiones de aproximadamente 1.5 millones anuales. Sin embargo, nuestros niveles de reducción de emisiones ya certificados (CRE's establecidos) son aún muy bajos y corresponden a dos proyectos registrados en el 2005 y a uno registrado en julio del 2007; reflejando la reciente incursión de proyectos bajo este mecanismo y la demora para validar y certificar las reducciones específicas a cada proyecto.

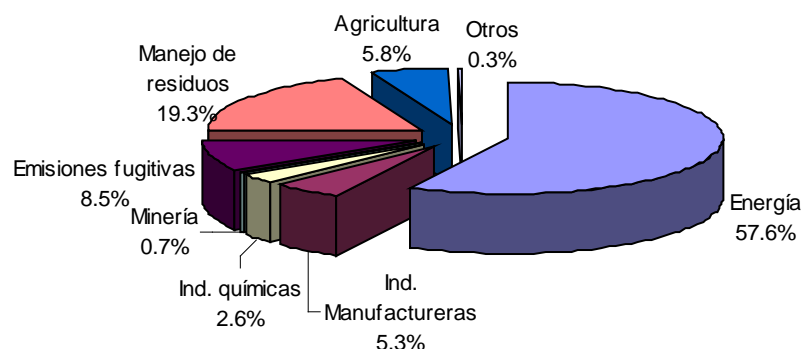
Reducción de emisiones por proyectos			
País	Reducción anual esperada (tCO ₂ -eq ^{a/})	Número de proyectos registrados	CRE establecidos (tCO ₂ -eq)
China	124 452 943	317	90 690 343
India	31 767 922	373	53 072 260
Brazil	19 515 656	146	27 631 766
Republic of Korea	14 599 555	19	32 677 241
Mexico	7 627 143	109	4 928 911
Chile	4 332 167	26	2 868 874
Argentina	4 121 351	14	484 050
Indonesia	3 104 081	19	194 413
Malaysia	2 681 453	35	648 718
South Africa	2 557 984	14	517 740
Peru	1 487 931	15	159 161
Philippines	731 611	20	64 568
Otros países	17 435 708	143	11 611 338
Total	234 415 505	1 250	225 549 383

Fuente: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Wikipedia.
 Información actualizada al 4 diciembre del 2008.

^{a/} Una tonelada de CO₂ equivalente es la medida general para cuantificar el volumen de los distintos GEI.

Por otro lado, la cartera de proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio se compone principalmente por proyectos de energía limpia (eficiencia energética y energía renovable); componiendo casi dos tercios del volumen transado en el mercado de carbono basado en proyectos.

Número de proyectos registrados, según actividad



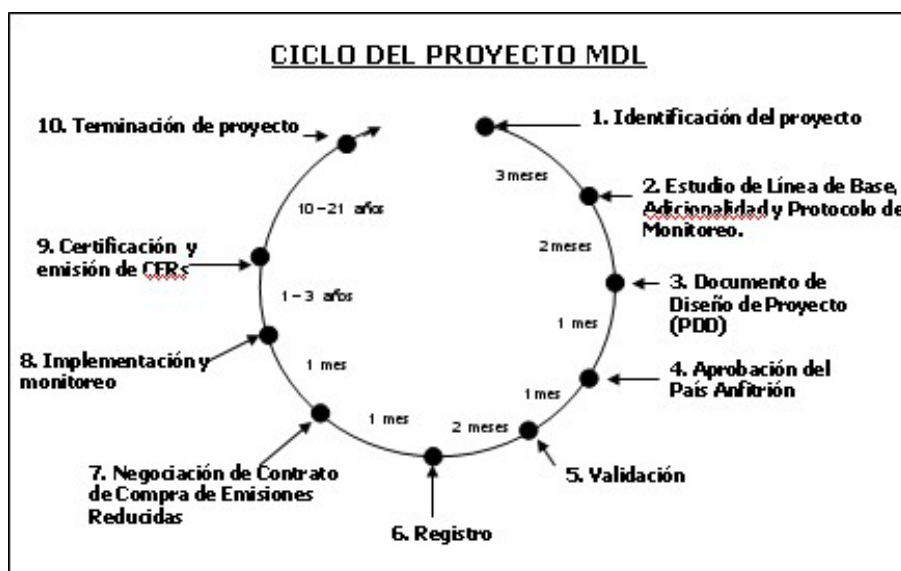
Fuente: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
Nota: Información actualizada al 4 diciembre del 2008. Un mismo proyecto puede pertenecer a más de una actividad. Categorías Otros incluye proyectos de transporte, industria metálica y reforestación.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio se perfila todavía como un gran reto financiero por diversos factores que caracterizan al mercado de carbono y al propio proceso para obtener la certificación de las emisiones reducidas. Entre los principales limitantes se encuentran la dificultad para acordar un precio internacional de carbono adecuado y predecible, y la demora para obtener la certificación o validación final de las emisiones. Por ejemplo hacia finales de marzo del 2008, sólo el 37 por ciento de los 3,188 proyectos bajo el MDL, se encontraban registrados o en proceso de registro, mientras que casi los otros dos tercios estaban en proceso de validación (2022).

Así, acelerar los procedimientos necesarios dentro de cada etapa del ciclo del proyecto bajo MDL se ha convertido en una prioridad, a fin de garantizar el flujo de financiamiento esperado por los desarrolladores del proyecto a partir de la venta de los CRE's; mejorando de manera efectiva la rentabilidad del proyecto y sus estados financieros.

Respecto al ciclo del proyecto bajo el MDL, se destaca que el tiempo estimado para la certificación de las emisiones reducidas desde la identificación del proyecto, fluctúa entre dos a cuatro años como máximo, a menos que sean solicitadas revisiones adicionales en alguna fase. La mayor demora una vez tramitado y evaluado todos los requisitos legales o documentos relevantes, se da por parte del proceso de verificación y certificación de la reducción de emisiones; proceso que puede durar entre uno a tres años.

El proceso de certificación es la garantía escrita por una entidad operacional¹⁶ y aprobada por la Junta Ejecutiva del MDL¹⁷ que durante un tiempo determinado la actividad del proyecto redujo una cantidad específica de emisiones (expresadas en toneladas de CO2 equivalentes - TCO2e), verificada de manera periódica y de acuerdo con los criterios establecidos en el Protocolo de Monitoreo. Este proceso es de gran importancia, dado que una vez las emisiones son certificadas, se accede al pago proveniente del fondo de carbono respectivo, según el Acuerdo de Compra de Reducción de Emisiones (ERPA¹⁸) previamente negociado.



Fuente: Fondo Nacional del Ambiente – FONAM. Perú. Fondo Prototipo de Carbono.

5 Consecuencias del cambio climático en el Perú

En el Perú, los principales efectos climáticos del aumento de la temperatura global estarán asociados a:

- a. El retroceso glaciar
- b. El aumento de la frecuencia e intensidad del Fenómeno del Niño
- c. Elevación del nivel del mar

¹⁶ Entidad acreditada por la Junta Ejecutiva del MDL

¹⁷ La entidad operacional verifica la cantidad de emisiones y elabora el reporte de certificación, el cual es remitido a la Junta Ejecutiva del MDL para la respectiva emisión de CER's. Por lo general, eso se hace de manera anual.

¹⁸ Emission Reduction Purchase Agreement

El principal efecto de la acumulación gradual de GEI se estaría manifestando actualmente en nuestro país a través del retroceso glaciar. Según el CONAM en los últimos 22 a 35 años se ha perdido el 22% de la superficie glaciar¹⁹ (equivalente a 7 000 millones de metros cúbicos ó 10 años de consumo de agua en Lima), con un efecto mayor sobre los glaciares pequeños y de menor cota²⁰. En este sentido, se proyecta que para el 2025 los glaciares del Perú por debajo de los 5 500 metros sobre el nivel del mar habrán desaparecido.

Este hecho tendría consecuencias negativas sobre la disponibilidad del agua considerando que la mayor parte de los ríos de la vertiente occidental de nuestros andes²¹ presentan un considerable caudal sólo durante el período de lluvias (diciembre-abril) mientras que para el período de estiaje (mayo-noviembre) se abastecen ya sea por el escurrimiento por infiltración de las zonas altas o por la fusión del hielo de los glaciares (como ejemplo, aproximadamente el 40% del caudal del río Santa en período de estiaje proviene de la desglaciación²²).

Así, un continuo proceso de desglaciación generaría inicialmente una mayor circulación del agua en los cauces alcanzando un máximo de disponibilidad durante los siguientes 25 a 50 años; luego del cual se iniciaría una progresiva disminución, agudizando el período de estiaje y en consecuencia, reduciendo la disponibilidad de agua para consumo humano, procesos industriales y generación de energía por fuente hidroeléctrica. Sin embargo, estos efectos pueden reducirse con la ejecución oportuna de medidas de almacenamiento.

Por otro lado, el retroceso de los frentes glaciares junto con el incremento en la intensidad de las lluvias produciría la formación de lagunas o glaciares “colgados”; aumentando el riesgo de desastres naturales (huaycos, aluviones y rebalses); afectando a las poblaciones de los valles interandinos del país.

¹⁹ El Perú cuenta con 18 cordilleras glaciares

²⁰ El volumen y superficie de masa glaciar derretida es inversamente proporcional a la superficie y altura de los glaciares.

²¹ Algunos de los ríos que poseen glaciares en las nacientes de sus cuencas son: Río Santa (Ancash), Pativilca, Huaura, Rímac, Lurín, Cañete (Lima) y Ocoña, Majes y Siguan (Arequipa).

²² Bradley, Vuille y Vergara (2006)

Comparando los dos inventarios glaciares²³ realizados por el CONAM, observamos que la mayoría de los glaciares han sufrido una importante reducción de su superficie glaciar entre 1997 y 1962; llegando incluso a reducciones de más del 40%.

Superficies glaciares registradas en Inventarios 62-70 y 95-97

Cuencas glaciares	Inventario 62-70		Inventario 95-97		Diff km ²	Var %
	Area km ²	Año	Area km ²	Año		
<i>Cordillera Blanca</i>						
Santa Cruz	45.96	1970	38.88	1995	-7.08	-15.40
Parón	33.44	1970	31.15	1995	-2.29	-6.85
Llanganuco	42.9	1970	34.21	1995	-8.69	-20.26
Quebrada Honda	68.82	1970	61.91	1995	-6.91	-10.04
Quillcay	44.71	1970	39.16	1995	-5.55	-12.41
Negro	19.07	1970	16.07	1995	-3	-15.73
Grupos Pongo, Raria, Caulliraju	51.68	1970	36.78	1995	-14.9	-28.83
Grupo Huascarán-Chopicalqui	65.54	1970	59.83	1995	-5.71	-8.71
<i>Cordillera Huaytapallana</i>						
Shullcas	2.49	1962	1.45	1997	-1.04	-41.77
<i>Cordillera Central</i>						
Yuracmayo	5.96	1962	4.5	1997	-1.46	-24.50
<i>Cordillera Vilcanota</i>						
Quelcaya	56.25	1962	49.47	1997	-6.78	-12.05
<i>Cordillera Raura</i>						
Santa Rosa	27.59	1962	14.45	1995	-13.14	-47.63

Fuente: CONAM (1999)

Por otro lado, el cambio climático produciría un calentamiento de la capa superior del océano, lo que podría afectar la frecuencia e intensidad del Fenómeno del Niño (CONAM 1999). En esta línea, se observa que el fenómeno del Niño está asociado con aumentos de la temperatura superficial promedio del mar por encima de 2°C, mientras que los eventos más severos se asocian a aumentos superiores a 8°C. Así, se estima, que de duplicar las concentraciones de CO₂ al 2070, se llegaría a un calentamiento de 3.49°C en el Pacífico Oriental²⁴, lo que provocaría un escenario climático similar al de un evento del Niño de intensidad media.

²³ El primer inventario fue realizado en 1989 a partir de fotografías aéreas tomadas entre 1955-1962 y las fotografías de la Cordillera Blanca tomadas en 1970. El segundo inventario se realizó para el año 1997 a través de imágenes LANDSAT tomadas para el período 1995-1997

²⁴ Modelación para el área del Niño 3. Modelo de Meehl y Washington (1996). Fuente: CONAM (1999).

Año	Magnitud	ATSM ^{a/}
1578	Muy Severo	>8° C
1891	Muy Severo	>8° C
1926	Muy Severo	>8° C
1932	Débil	2° C
1933	Severo	6° C
1939	Débil	2° C
1941	Severo	6° C
1943	Débil	2° C
1953	Débil	2° C
1957	Severo	6° C
1965	Débil	2° C
1972	Severo	6° C
1977	Débil	2° C
1978	Débil	2° C
1983	Muy Severo	>8° C
1987	Débil	2° C
1992	Débil	2° C
1998	Muy Severo	>8° C

Fuente: Plan de Contingencia del Fenómeno El Niño (INDECI 2002).

^{a/}Anomalía de la temperatura superficial del mar.

El fenómeno del Niño genera principalmente una gran alteración climática que se manifiesta en intensas lluvias en el norte y graves sequías en la región altiplánica del sur del país. Asimismo, el aumento de la temperatura superficial del mar interrumpe el afloramiento de aguas ricas en nutrientes (con alto nivel de fitoplancton), lo que afecta la disponibilidad de algunos recursos pesqueros, y reduce la fijación (captura) de CO₂ que cumple el fitoplancton costero. Estas últimas actúan como reguladores del cambio climático mediante la producción de dimetilsulfuro (DMS); el cual al ser liberado a la atmósfera estimula la formación de nubes sobre los océanos; incrementando el albedo y regulando así el clima (CONAM 1999).

Por otro lado, el aumento de la temperatura global genera cambios térmicos en la densidad del agua; causando su dilatación y en consecuencia el aumento del nivel del mar. En efecto, el aumento del nivel del mar se explica principalmente (en más del 50%) por este factor; encontrándose entre otros factores el derretimiento de los glaciares, las fallas geológicas, los cambios en las reservas de agua terrestre, entre otros (CONAM 1999).

En cuanto a la elevación del nivel del mar como consecuencia del cambio climático, se observa que la costa peruana presenta una escasa fluctuación interanual (<15cm) que se ve intensificada por el Niño; pudiendo con ello sobrepasar los 40cm. Asimismo, se observa una tendencia lineal de elevación del nivel del mar en 0.55 cm./año para el mar del Callao entre el periodo 1976-1988, y de 0.24 cm./año para el mar de Paita desde 1988 (CONAM 1999). El SENAMHI proyecta que el nivel de mar en Paita habrá crecido entre 4-6 cm. durante el período 1990-2020 y entre 15-21 cm. para el período 2020-2050.

Los impactos de una elevación del nivel del mar podrían ser muy perjudiciales para las actividades desarrolladas en las zonas costeras por el riesgo de inundación en áreas bajas, intrusiones de agua salada y desbordes. Bajo escenarios futuros de elevación de 1m, playas como La Herradura y muelles como el de Paita correrían el riesgo de quedar potencialmente inundados e inhabilitados; mientras que las pérdidas potenciales en Lima y Callao por inundación de obras litorales ascenderían a aproximadamente \$168 millones y las pérdidas para 8 localidades²⁵ ascendería a \$1000 millones (CONAM 1999).

FACTORES DEL CAMBIO CLIMÁTICO	CONSECUENCIAS
Desglaciación de nuestros recursos hídricos de montaña	Menor contribución al caudal de vertientes que abastecen de agua para el consumo humano, procesos industriales y generación hidroeléctrica. Aumenta el riesgo de desastres naturales como huaycos, inundaciones, rebalses
Aumento de la temperatura de la superficie y del océano	Cambios en la densidad de las aguas oceánicas superficiales Afectaría la frecuencia e intensidad del Fenómeno del Niño De darse condiciones similares al Niño: Interrupción del afloramiento de aguas subsuperficiales ricas en nutrientes por la profundización de la termoclina Disminución de la productividad primaria en casi 50% Reducción de la fijación de CO2 por parte del fitoplancton de la costa peruana Disminución del agua en los suelos produciría sabanización de los bosques tropicales en el este de la Amazonía. Pérdidas importantes de biodiversidad debido a la extinción de especies Disminución de la productividad de importantes cultivos así como la productividad pecuaria
Elevación del nivel del mar	Aumento del riesgo de inundaciones Pérdidas en actividad langostera Posible desaparición de humedales en la zona costera

En la medida que el impacto del cambio climático puede ser similar al fenómeno del Niño y que existe una alta probabilidad que los efectos del mismo se agudicen (CONAM 1999), se hace necesario investigar sobre los impactos y daños causados por dicho fenómeno a fin de determinar en cierta medida un escenario nacional de posibles impactos ante el cambio climático.

²⁵ Delta del Río Tumbes, Paita-Sechura, Trujillo,Chimbote, Lima Metropolitana, Pisco-Paracas, Lagunas de Mejía e Ilo.

Los daños estimados totales²⁶ para el Niño 1982-1983 ascienden a US\$ 3,283 millones, mientras que el Niño 1997-1998 causó daños estimados en US\$ 3,500 millones; equivalente a 11.6% y 6.2% del PBI anual de 1983 y 1998, respectivamente²⁷. Estas estimaciones incluyen daños directos, daños indirectos o flujo de bienes que se dejan de producir como consecuencia del siniestro, entre otros daños secundarios. Si bien las pérdidas absolutas fueron muy similares, el impacto resultó mucho menor para el segundo período considerando el mayor nivel de capital físico e infraestructura en riesgo respecto al período 82-83. A nivel sectorial se encuentran las siguientes evidencias:

Daños Sectoriales del Fenómeno del Niño (millones de dólares de 1998)		
	1982-1983	1997-1998
Sectores Sociales	218	485
Vivienda	115	222
Educación	9	228
Salud	94	34
Sectores Productivos	2533	1625
Agropecuario	1064	612
Pesca	174	26
Minería	509	44
Industria	786	675
Comercio		268
Infraestructura	532	1389
Transporte	497	686
Electricidad	32	165
Otros*	3	538
Total	3283	3500
% del PBI	11.6%	6.2%

Fuente: Las Lecciones del Niño - Perú. CAF

*Incluye gastos de prevención y atención de la emergencia

a. Impacto en la Agricultura

Entre las principales consecuencias destacan:

- Impacto negativo en el desarrollo vegetativo, rendimiento y sanidad de cultivos; principalmente por el desarrollo de plagas en condiciones de sequía (región andina) y enfermedades en condiciones lluviosas

²⁶ Las Lecciones del Niño - Perú. CAF. Los estimados se expresan en dólares a precios del 1998.

²⁷ Expresados en dólares de 1998 para su comparación.

- Reducción de la rentabilidad de los cultivos por el aumento de los costos de producción asociados a los insecticidas; inundaciones o daños en la infraestructura de riego.
- Se incrementa el factor de riesgo para la salud de agricultores y consumidores.

El Fenómeno del Niño 1997-1998 tuvo un impacto negativo en la agricultura afectando el rendimiento de los principales productos agrícolas producto del desarrollo de plagas y enfermedades, así como por daños en la infraestructura de riego e inundaciones. Así, durante la campaña agrícola 97-98²⁸ a nivel nacional se perdieron 73,047 hectáreas y se afectaron 131,144 ha; representando aproximadamente el 4.7% y el 8.5% del total de superficie sembrada.

Reducción % de rendimientos en la agricultura como consecuencia del Niño

Cultivo	%	Campaña
Papa	56	97 / 96
Camote	43	97 / 96
Algodón	50	97-98 / 96-97
Maíz	46	98-99 / 97-98
Espárrago	75	98-99 / 96-97
Cítricos	60	98-99 / 97-98
Vid	38	97-98 / 96-97
Duraznero	97	97-98 / 96-97

Efectos en el rendimiento por aumento de la temperatura (influencia sobre la fisiología de la planta y presencia de plagas y enfermedades).
Corresponde a efectos en los cultivos del valle de Cañete.

Fuente: CONAM (1999)

Según la Primera Comunicación del CONAM, los daños totales estimados para la agricultura habrían ascendido a US\$ 613 millones; concentrándose en el subsector agrícola.

Daños totales en la agricultura: Niño 97-98

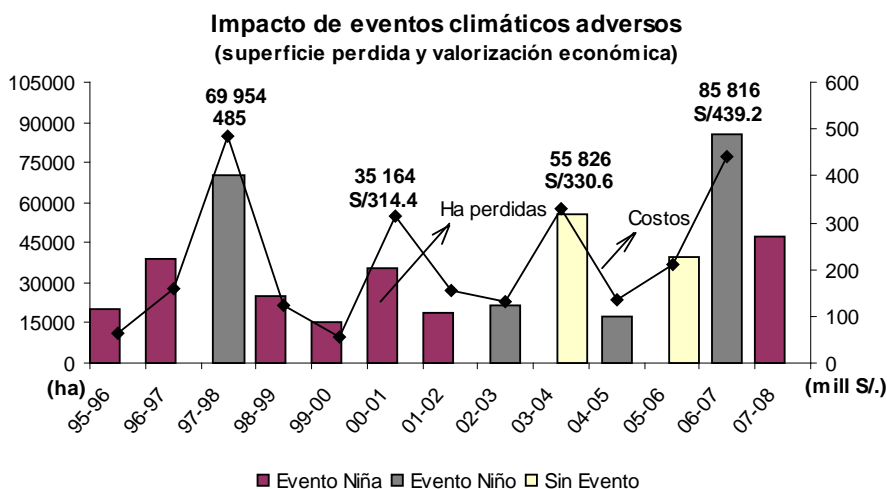
Subsector	Millones US\$
Sector agrícola	613,2
Producción agrícola	235,5
Sistemas de riego y drenaje	337,6
Tierras perdidas	37,7
Sector ganadero	0,1
TOTAL	613,3

Fuente: Primera Comunicación del Conam (2001), CAF (2000)

²⁸ Período Agosto-Marzo.

Cabe destacar, que bajo un evento de cambio climático progresivo podrían existir mayores alternativas de adaptación frente a periodos de sequía, heladas, altas temperaturas²⁹; mientras que bajo un evento como el Niño esto se dificulta debido a la alteración súbita del clima

En general, el MINAG resalta que tenemos una gran vulnerabilidad ante las variaciones climáticas; perdiendo más de 15 mil hectáreas en cada campaña agrícola por efectos climáticos asociados. Se observa que cada dos años el sector enfrenta picos con superficie perdidas; con un costo promedio calculado en 390 millones de soles. Las mayores pérdidas se observan en campañas afectadas por los eventos del Niño durante los periodos 97-98 y 06-07; y en la campaña 03-04 que fue afectada por una sequía.

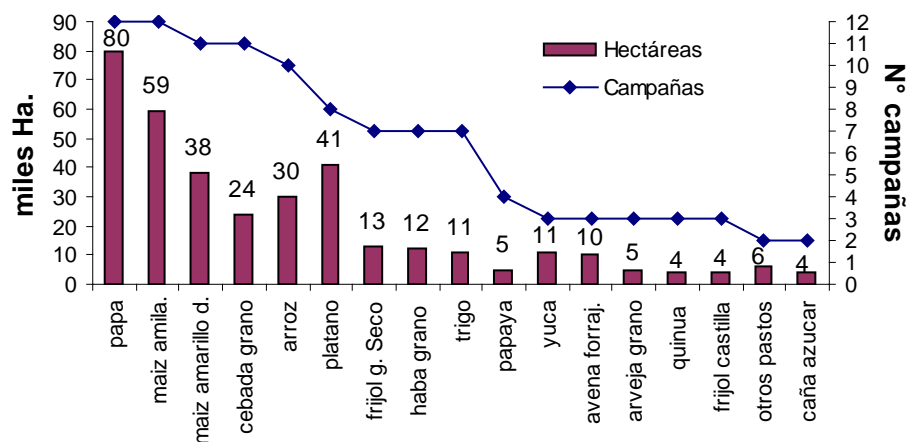


Fuente: Ministerio de Agricultura

Entre los cultivos que reportan mayores pérdidas asociadas a eventos climáticos adversos durante las doce últimas campañas agrícolas (según superficie perdida y número de campañas con pérdidas) figuran la papa, el maíz amiláceo, maíz amarillo duro, la cebada grano, el arroz y el plátano.

²⁹ Se sostiene que dentro de sus limitaciones, las tecnologías genéticas tradicionales y la ingeniería genética podrían contribuir a incrementar la tolerancia a cambios en la temperatura y humedad en las especies más cultivadas (CONAM 1999)

Sensibilidad de cultivos ante la variabilidad climática
(hectáreas perdidas y número de campañas agrícolas con pérdidas)



Fuente: Ministerio de Agricultura

El crecimiento vegetativo y floración de varios cultivos es muy vulnerable a factores que podrían agudizarse ante un cambio climático como los rangos mínimos y máximos de temperatura, escasez o abundancia de agua en períodos de sequía o lluvias intensas, respectivamente; etc. Así, por ejemplo para inducir la floración del cultivo de mango es necesario temperaturas mínimas entre 15°C y 20°C; temperaturas mínimas por encima de dicho rango afectarían dicho proceso (Niño 97-98). El mango también presenta una alta vulnerabilidad ante sequías y lluvias intensas. Entre otros cultivos sensibles a las consecuencias de lluvias intensas (enfermedades, plagas, anegamiento³⁰) se encuentran el maíz y el algodón; teniendo este último también una muy alta probabilidad de sufrir estrés por calor junto a la maca. También son cultivos con un nivel alto de estrés por sequía el algodón, arroz, maíz, limón y el plátano.

b. Impacto en la Salud Pública

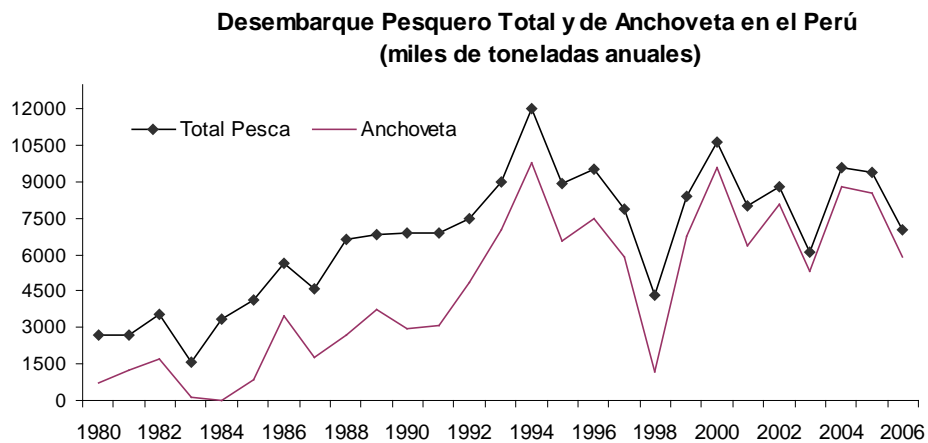
El impacto del niño en la salud se manifiesta a través de su influencia en enfermedades transmitidas por vectores (malaria) o por uso de agua (cólera), en enfermedades dermatológicas y respiratorias agudas; y también en hipertermia

³⁰ Inundación de un terreno agrícola por el aumento del nivel freático o por irrigación excesiva. Impide la absorción de oxígeno, afectando la vegetación y las propiedades del suelo.

inducida por calor en recién nacidos y personas de edad. Entre las enfermedades con mayor incidencia (según el número de casos) durante el fenómeno del Niño 97-98 figuran los males diarreicos y respiratorios agudos (84.4%), seguido por la malaria y la conjuntivitis (6.4 y 5.1%, respectivamente).

c. Impacto en la Pesca

El cambio en la distribución y migración de especies afecta la disponibilidad de recursos pesqueros tales como la anchoveta, sardina, caballa, jurel, pota, merluza, etc. Así, el Niño 1983 generó una caída de la producción pesquera en 30% mientras que el Niño 1998 la hizo caer en 14%. Asimismo, los desembarques globales en el Niño 1998 cayeron en 45% respecto a 1997; perjudicando en Chimbote a más de 900 embarcaciones industriales y artesanales y 40,000 trabajadores.



Fuente: FAOSTAT 2009, BCRP

Las tasas negativas de crecimiento del PBI pesquero experimentadas en 1997 y 1998 (-1.8% y -13.4%, respectivamente), se explicaron principalmente por la desaparición de la anchoveta peruana, importante especie de captura que sirve de materia prima base para la elaboración de harina y aceite de pescado.

d. Impacto en Infraestructura

La inversión efectuada durante la etapa de emergencia y rehabilitación del Niño 98 asociada a la descolmatación de canales y drenes, encauzamiento y dique de ríos,

etc., ascendió a aproximadamente \$ 168 millones; mientras que el costo total de rehabilitación y reconstrucción de la infraestructura carretera (carreteras, caminos, puentes) ascendió a US\$ 685 millones (Conam 2001).

Niño 97-98: Impactos en infraestructura	
<i>Transporte</i>	
Km de carretera afectada	6395
Km de carretera destruida	944
N° de puentes destruidos	357
<i>Salud</i>	
N° de establecimientos afectados	511
N° de establecimientos destruidos	69
<i>Educación</i>	
N° de establecimientos afectados	216
N° de establecimientos destruidos	740
<i>Vivienda</i>	
N° de viviendas afectadas	93,691
N° de viviendas destruidas	47,409

Fuente: Compendio Estadístico de emergencias 2001. INDECI

Asimismo, los desbordamientos causados por la crecida de los ríos también afectaron la infraestructura productiva ubicada en los márgenes o en la desembocadura de los ríos (industria camaronera, trucha, etc.)

e. Impacto en Energía

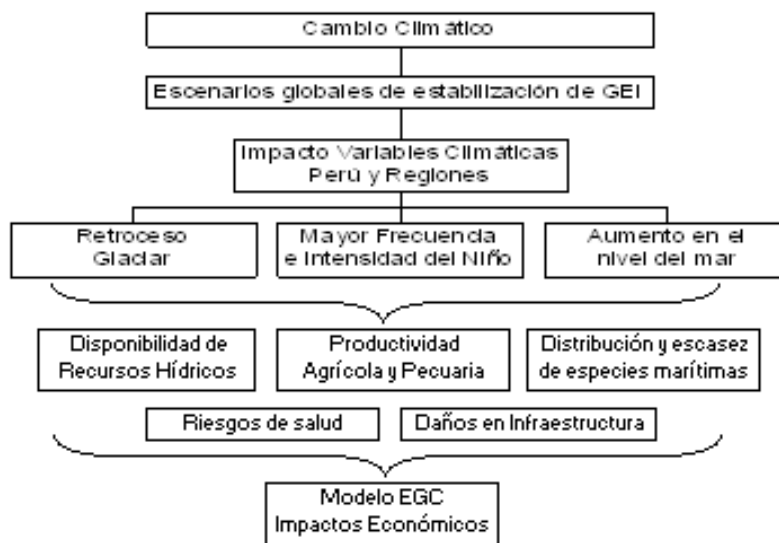
Al respecto, Vergara et al. (2007) estiman que la producción de energía anual promedio de la planta hidroeléctrica Cañón del Pato (río Santa), caería de 1540 a 1250 GWh (+/-10.9%) con un 50% de pérdida de abastecimiento glaciar; y a 970 GWh (+/-14.2%) ante la desaparición completa de dicha fuente. Así, calculan que el impacto económico a nivel nacional se encontraría entre US\$ 106 y 212 millones al año (bajo una adaptación gradual a energías alternativas) según escenario de pérdida de 50% de la fuente glaciar o pérdida completa, respectivamente³¹.

³¹ Bajo un escenario de racionamiento energético el rango de costos fluctuaría entre US \$ 748 y 1503 millones al año.

6 Impacto del cambio climático en el crecimiento económico

Entre los enfoques metodológicos más utilizados para cuantificar el impacto económico del cambio climático se encuentran aquellos modelos que permiten agregar impactos sectoriales utilizando modelos de equilibrio general, y por otro lado, aquellos modelos que, sin recurrir a observar los impactos particulares, evalúan directamente los impactos del cambio climático sobre el crecimiento.

La primera línea de modelos requieren en un primer nivel de análisis; la identificación de variaciones en las principales variables climáticas ligadas a los diversos escenarios de estabilización global; y en un segundo nivel, la vinculación de dichas variaciones climáticas con impactos sectoriales en el agro, pesca, salud, energía, etc. Asimismo, si bien estos modelos son de gran uso en la estimación del impacto del cambio climático, requieren una gran disponibilidad de información a nivel sectorial e histórica así como un gran conocimiento para establecer cada uno de los mecanismos a través de los cuales el cambio climático se manifiesta, así como las interrelaciones entre ellos.

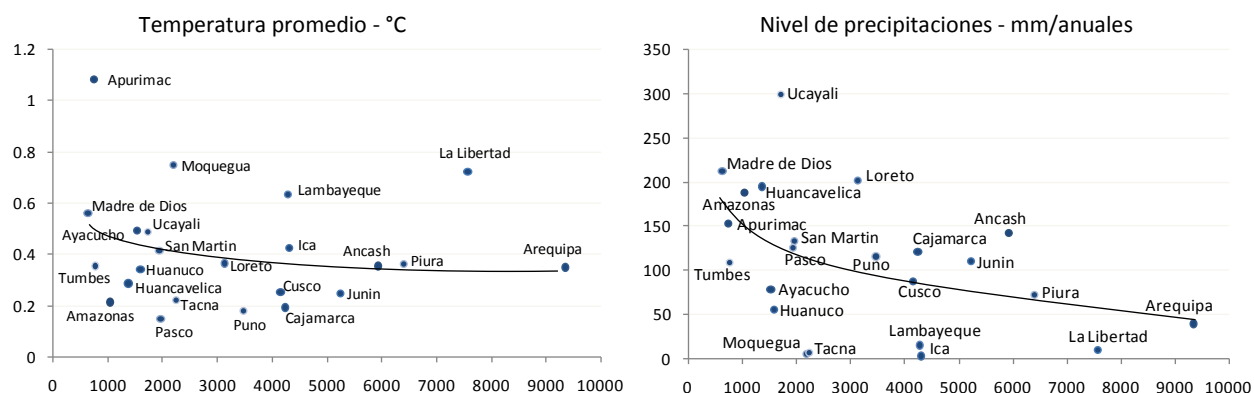


Los modelos bajo el segundo enfoque, se aproximan al efecto del cambio climático sobre la economía agregada, evaluando directamente el impacto de las variaciones climáticas (temperatura y precipitaciones) sobre el crecimiento económico; a fin de evitar definir a priori los complejos mecanismos por los que opera el cambio climático, en un contexto en el que aún existe mucha incertidumbre sobre los mismos.

En adición a este último limitante teórico, en el caso de Perú se añade un limitante práctico, vinculado a la escasa disponibilidad de información histórica tanto climática como de producción sectorial. En este sentido, se prefiere utilizar el segundo enfoque metodológico al primero.

La evidencia empírica proporciona ciertos indicios de una relación inversa entre la variabilidad climática y la producción agregada en las regiones de nuestro país.

Variabilidad climática 1990-2007a/ y PBI 2007, según regiones



a/ Desviación promedio (en valor absoluto) respecto al promedio muestral, sin considerar datos climáticos del período Niño 97-98. PBI 2007 en millones de soles a precios de 1994.

Asimismo, existen otros factores que aportan indicios sobre nuestra vulnerabilidad ante cambios climáticos drásticos como son los impactos negativos ante la ocurrencia del Fenómeno del Niño y la gran diversidad climática del país, la que nos permite contar con 84 de los 112 microclimas existentes. Este último factor puede determinar que aún en el más moderado escenario de cambio climático, el crecimiento potencial de nuestro país se vea afectado, dado que varias actividades de gran potencial económico dependen de los recursos naturales que esta diversidad nos facilita; como el sector hidroeléctrico, la agricultura, la ganadería y el turismo. En consecuencia, se prevé que eventos climáticos extremos afecten la producción agregada limitando la disponibilidad de recursos naturales, dañando la infraestructura, y en consecuencia, impactando el crecimiento.

Nuestra medición se basa en el marco teórico propuesto por Dell, et al (2008)³², cuyo modelo propone que las variaciones climáticas afectan la producción agregada

³² Sobre la base de data climática histórica (1950-2003) y de 136 países; los autores encuentran que un aumento de 1°C en la temperatura promedio afecta la tasa de crecimiento de los países pobres en 1.1 puntos porcentuales; mostrando además evidencia de un efecto persistente de la temperatura en el mediano plazo.

mediante dos mecanismos: 1) afectando directamente el nivel de la producción o stock; por ejemplo, pérdida de cultivos y daños a la infraestructura; 2) e impactando el crecimiento de la productividad:

$$Y_{it} = e^{\beta T_{it}} A_{it} L_{it} \quad (1)$$

$$\Delta A_{it} / A_{it} = g_i + \gamma T_{it} \quad (2)$$

donde:

Y_{it} es la producción agregada, L la población, A la productividad, y T es el indicador climático, β muestra el efecto de la variable climática respecto el nivel de producción y γ , respecto el crecimiento.

Luego de tomar logaritmos en la ecuación (1), expresarla en términos per cápita y diferenciarla respecto al tiempo; obtenemos la siguiente expresión:

$$\Delta y_{it} / y_{it} = \beta(T_{it} - T_{it-1}) + \Delta A_{it} / A_{it} \quad (3)$$

donde:

$$g_{it} = \Delta y_{it} / y_{it} = \beta \Delta T_{it} + \Delta A_{it} / A_{it} \quad (4)$$

Por último, reemplazando (2) en (4) obtenemos la ecuación dinámica de crecimiento:

$$g_{it} = g_i + (\beta + \gamma)T_{it} - \beta T_{it-1} \quad (5)$$

En esta última ecuación, al estabilizar la variable climática en su nivel de equilibrio ($T_{it} = T_{it-1}$), obtenemos que la suma de su efecto contemporáneo y de su rezago corresponde solamente al efecto crecimiento (γ) sobre la tasa de crecimiento per cápita (g_{it}). En este sentido, los efectos sobre el nivel de producto (medidos a través del

Así, conforme incorporan mayores rezagos de las variables climáticas, el efecto acumulado sobre el crecimiento se hace más fuerte; llegando a reducciones de hasta -2.01 puntos porcentuales.

coeficiente β) serían sólo temporales, al revertirse completamente en el siguiente período³³.

Esta estructura de modelo panel se estima por regresión lineal usando Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG)³⁴, en los que se incorpora efectos fijos a nivel de paneles y tiempo ($\omega_i; \omega_t$):

$$g_{it} = \omega_i + \omega_t + \alpha_1 T_{it} + \alpha_2 T_{it-1} + \varepsilon_{it}$$

Los parámetros derivados del modelo se interpretan como efectos sobre la tasa de crecimiento del PBI real per cápita (en puntos porcentuales) ante un cambio marginal en las variables climáticas. La significancia α_1 , comprueba la existencia de un efecto climático sobre el PBI per cápita tanto en niveles como en la tasa de crecimiento ($\beta + \gamma$); mientras que la sumatoria de los coeficientes de $\alpha_1 + \alpha_2$, nos da evidencias sobre el efecto crecimiento (γ).

En cuanto a los datos, la variable dependiente se recoge mediante las tasas de crecimiento interanuales del PBI real a nivel de regiones para el período comprendido entre 1990 y 2007. Las variables climáticas consideradas en el análisis como variables explicativas, corresponden al nivel de temperatura mínima y máxima (en °C) y al valor absoluto de las desviación de las precipitaciones respecto a su promedio muestral (en mm/anuales³⁵). Estos datos se construyen a partir de la información proporcionada por el INEI^{36,37}. Para los indicadores de temperatura se recoge el nivel mínimo y máximo a fin de reflejar la vulnerabilidad de los procesos productivos ante un cambio en el rango de temperatura al que ya se encontraba adaptado. Así, se presumiría que un descenso de los

³³ Dell, et al (2008), generaliza el modelo con n rezagos en la variable climática y p componentes autorregresivos de la dependiente, y encuentra que el efecto crecimiento siempre se identifica agregando los impactos de la variable climática a través del tiempo. La única diferencia es que el efecto acumulado de la variable climática ahora considera la inclusión de los parámetros o coeficientes autorregresivos, mediante la división del complemento de la sumatoria de los mismos.

³⁴ El método de MCG permite incluir supuestos sobre la autocorrelación y heterocedasticidad entre paneles

³⁵ Un milímetro de agua (mm) equivale a 1 litro de agua por metro cuadrado (lt/m²).

³⁶ La información del PBI regional es proporcionada directamente por el INEI. Las variables climáticas se obtienen de la publicación del INEI: *Anuario de Estadísticas Ambientales 2007, 2008, 2005. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales.*

³⁷ Se procedió a imputar los datos climáticos faltantes a nivel de regiones a partir de la información climática de las estaciones meteorológicas localizadas en la región respectiva, disponible también en el Anuario de Estadísticas Ambientales del INEI. Para los casos con información no disponible se imputó el valor promedio de la muestra regional excluyendo los valores del niño 97/98. Esta última imputación se realizó en promedio para el 4% de los 432 datos panel (24 regiones y 18 años), representando en promedio 2,5 años imputados para un máximo de 7 regiones.

valores mínimos o un aumento de los valores máximos se vincule con un impacto negativo sobre el producto. El indicador para el nivel de precipitaciones se elabora de manera distinta ya que por su misma naturaleza sólo es posible recoger la cantidad de precipitación acumulada para un período de tiempo (en este caso anual). Sin embargo, la definición considerada también refleja la vulnerabilidad ante cualquier tipo de variabilidad en las precipitaciones; ya sea ante incrementos como a deficiencias en sus niveles.

Descripción de variables; modelo regional 1990-2007

Variable dependiente: g_{it}

Tasa de crecimiento per. cápita	Tasa de crecimiento interanual 1990-2007 del PBI regional
---------------------------------	---

Variables independientes: T_{it}

Temperatura máxima	Promedio anual del valor más alto registrado durante el día (en °C)
Temperatura mínima	Promedio anual del valor más bajo registrado durante el día (en °C)
Precipitaciones	Valor absoluto de la desviación respecto al promedio muestral de las precipitaciones (en mm/anuales). El promedio excluye los valores del Niño 97/98.

Las diferentes especificaciones econométricas utilizadas³⁸ reportan impactos significativos para todas las variables climáticas consideradas; destacando las siguientes consideraciones: i) el componente contemporáneo de las variables climáticas ($\alpha_1 = \beta + \gamma$) resulta ser siempre significativo y negativo, evidenciando un efecto sobre el PBI per cápita; ii) el primer rezago de las variables climáticas, relacionado al efecto nivel (β), se reporta como significativo según la especificación del modelo; mientras que el efecto acumulado ($\alpha_1 + \alpha_2$) siempre se registra como significativo. Sobre la base del modelo propuesto, el impacto acumulado se encontraría neto de efectos sobre el nivel del PBI, por lo que se interpretaría como un efecto sobre la tasa de crecimiento³⁹.

En el siguiente cuadro se reporta el efecto de las variables climáticas sobre la tasa de crecimiento del producto per cápita para los distintos modelos aplicados. Los modelos incluyen efectos fijos tanto a nivel de panel como de año; el primer modelo (modelo a)

³⁸ Ver anexo 1 para la descripción de las principales especificaciones de cada modelo. Ver anexo 2 para los resultados de las regresiones.

³⁹ Se hizo ejercicios incluyendo mayores variables rezagadas, aún con el limitado alcance temporal de nuestro panel, comprobándose que sus efectos resultan ser no significativos. De ahí que los efectos acumulados de los modelos reportados estén recogiendo principalmente el efecto sobre el crecimiento.

incluye como regresores los efectos contemporáneos de las variables climáticas consideradas, el segundo modelo (modelo b) incluye además el efecto sobre el primer rezago; mientras que el tercer modelo (modelo c) genera impactos diferenciados para los departamentos vulnerables.

Regresiones Panel 1990-2007: Impacto de la variabilidad climática sobre la tasa de crecimiento per cápita ($\gamma=\alpha_1+\alpha_2$)

	(a)	(b)	(c)	
			No vulnerable	Vulnerable
Temperatura promedio				
Temperatura máxima	-0,437 *** (-2.6)	-0,487 ** (-2.28)	-0,343 ** (-2.13)	-0,497 ** (-2.52)
Temperatura mínima	0,081 (0.80)	0,142 (0.70)	-0,221 * (-1.67)	0,202 (1.51)
Precipitaciones	-0,005 *** (-5.37)	-0,003 * (-1.73)	-0,005 *** (-3.46)	-0,002 * (-1.79)
Observaciones	432	408	432	

* significancia al 10%; ** significancia al 5%; *** significancia al 1%. En paréntesis se reporta el Z estadístico
Las estimaciones incluyen efectos fijos a nivel de panel y año; y supuestos de heterocedasticidad y autocorrelación sobre la estructura del error a nivel de paneles.

En todos los modelos, la variable precipitaciones y temperatura máxima son significativas. En el caso de la temperatura mínima, ésta es sólo significativa para la categoría base del último modelo. Se presume, por lo tanto, que el producto es más sensible a las variaciones de las temperaturas relativamente altas mientras que no lo es tanto para el caso de las temperaturas bajas.

Cabe resaltar, que se tiene que considerar las distintas escalas de medición de las variables climáticas para hacer comparables sus efectos entre ellas. Así por ejemplo, a partir de la comparación de variaciones de temperatura y precipitaciones históricamente equivalentes (aumentos de temperatura de 1° C y de 100mm del nivel de precipitaciones⁴⁰); se obtiene que el promedio de los efectos estimados para la temperatura máxima sobre el crecimiento resultan ser 1,2 veces mayores al impacto de las precipitaciones, respectivamente.

En el modelo (c), se encuentran impactos diferenciados para los departamentos vulnerables. Esta característica se define como aquel departamento con una participación

⁴⁰ En los últimos 50 años la temperatura global se ha incrementado casi 1°C; mientras que los niveles de precipitación promedio se han reducido en aproximadamente 100 milímetros; es por ello que se considera ambas medidas equivalentes por su tendencia histórica (Dell. et al, 2008)

promedio de su PBI agrícola respecto al PBI total mayor o igual a 20% y a las regiones costeras con actividad pesquera relevante. Así bajo el primer criterio se clasifican como vulnerables a las regiones de Amazonas, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huanuco y San Martín; mientras que el segundo criterio agrega a las regiones de Áncash, Piura y Tumbes. Los coeficientes de crecimiento encontrados en el modelo registran la existencia de un impacto diferenciado y mayor para aquellas regiones con mayor producción agrícola y pesquera para el caso de aumentos en la temperatura máxima; mientras que los efectos son menores ante la variabilidad de las precipitaciones.

Para estimar el impacto del cambio climático sobre el crecimiento; se utiliza una proyección de escenarios climáticos a nivel nacional al año 2030, en la que la temperatura mínima y máxima presentan anomalías positivas similares, con un aumento máximo de 1°; y las precipitaciones registran tanto deficiencias como incrementos que en promedio fluctúan entre 10% y 20% respecto a su media climatológica. De acuerdo con entrevistas sostenidas con el SENAMHI⁴¹, estas proyecciones son consistentes con las predicciones a nivel nacional y regional que esta institución viene preparando en el marco de la Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y se basan en el escenario A2 del IPCC, siendo éste uno de los escenarios más extremos⁴².

Los impactos estimados, bajo los modelos considerados, recogen el promedio y el rango de los efectos para las distintas combinaciones de escenarios climáticos considerados al 2030: aumentos de temperatura de 0.2, 0.4 y 1°C; y variabilidad de las precipitaciones de 10% y 20% respecto a su promedio climático. De ahí, que el impacto resultante es muy variable; fluctuando entre 0.18 y 0.78 puntos porcentuales, según la especificación elegida. Es decir, se proyecta que por efecto del cambio climático, la tasa de crecimiento de nuestro PBI per cápita en el 2030 será entre 0.18 y 0.78 puntos porcentuales menor a la del crecimiento per cápita potencial. Por otro lado, resalta la mayor participación de la

⁴¹ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

⁴² Los escenarios de emisiones globales del IPCC están agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1 B2) según la línea de crecimiento y las tendencias demográficas y tecnológicas consideradas. Así, según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2007); el escenario A2 describe un mundo heterogéneo con una población mundial en continuo crecimiento, un crecimiento económico por habitante y un proceso de cambio tecnológico fragmentado y en consecuencia, más lentos que en otras líneas evolutivas. Este escenario es el segundo escenario más extremo (de un total de 6 escenarios considerados por el IPCC 2007), proyectando un aumento de temperatura para finales de siglo XXI de 3,4°C (en un rango de 2 a 5,4 °C) respecto al período 1980-1999.

temperatura en el impacto total conforme se avanza a escenarios más extremos; llegando a componer más del 70 por ciento del impacto total.

Impactos del cambio climático sobre el crecimiento potencial al 2030^{a/}

	(a)			(b)			(c)		
	Límite inferior	Promedio	Límite superior	Límite inferior	Promedio	Límite superior	Límite inferior	Promedio	Límite superior
Impacto total	-0,21	-0,42	-0,69	-0,18	-0,38	-0,64	-0,22	-0,46	-0,78
Composición del impacto:									
Temperatura máxima	41%	55%	64%	55%	69%	76%	33%	42%	47%
Temperatura mínima							17%	21%	24%
Precipitaciones	59%	45%	36%	45%	31%	24%	50%	36%	29%

a/ Se consideran los siguientes escenarios climáticos para las proyecciones: aumentos de temperatura (media, mínima y máxima) de 0.2,0.4 y 1 °C; y variaciones en las precipitaciones de 10% y 20%.

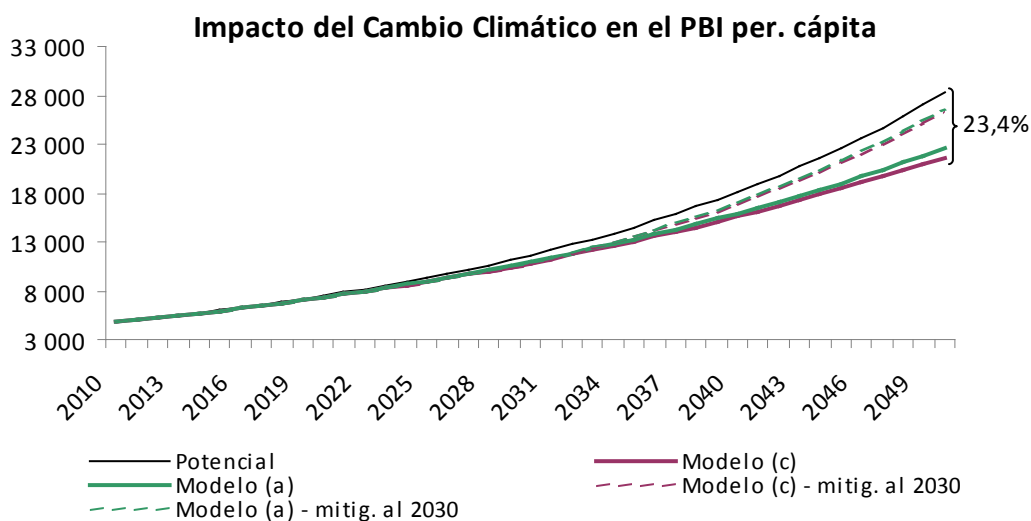
Considerando que existe creciente evidencia sobre la posible estabilización de la temperatura en su nivel más extremo⁴³ pero aún gran incertidumbre sobre la variabilidad de las precipitaciones; se toma como base para las proyecciones de costos en los próximos 50 años⁴⁴, un escenario climático donde al 2030 la temperatura aumente en 1°C y las precipitaciones varíen en 10%; y de ahí al 2050, se experimente un aumento al 100 por ciento de dichos niveles; acumulando así al 2050 un aumento de 2°C y una variabilidad de las precipitaciones equivalente a 20%.

Así, de acuerdo a los modelos calculados, un aumento de 1°C y 10% de variabilidad en las precipitaciones implicaría que la tasa de crecimiento del PBI per cápita en el 2030, fluctúe entre 0,56 y 0,67 puntos porcentuales por debajo de su nivel potencial. Si hacia el 2050, estos efectos se duplicaran, el impacto negativo se incrementaría, llegando a un rango entre 1,15 y 1,33 puntos porcentuales.

⁴³ Al respecto, el MINAM señala que en marzo un equipo de más de 2000 científicos convocados por la ONU revisaron la versión sobre escenarios climáticos proyectada por el IPCC (2007); calculando que se estaría avanzando al peor de los escenarios; con aumentos de temperaturas globales por encima de 5°C hacia fines de siglo; al ser la acumulación de dióxido de carbono y el deshielo de Groenlandia y la Antártica mucho mayor a lo esperado. Fuente: Web MINAM. http://www.cambioclimatico.gob.pe/interior.php?id_page=83

⁴⁴ Una medida más rigurosa del costo total del cambio climático implicaría acumular los impactos del cambio climático de aquí al infinito. Sin embargo, es muy difícil determinar una proyección climática y económica plausible a ese nivel temporal. Así, el escenario de proyección a 50 años, es consistente con las proyecciones climáticas trabajadas y ya es relevante para la evaluación de la efectividad de políticas que mitiguen los efectos del cambio climático.

Distribuyendo este impacto total sobre el crecimiento potencial a lo largo del 2009-2050⁴⁵, se obtiene la trayectoria de crecimiento del nivel de PBI per cápita bajo un escenario con y sin cambio climático. Este ejercicio establece que en el año 2030 bajo un escenario de cambio climático alcanzaríamos un nivel de PBI real total entre 5,7 y 6,8% menor al nivel de PBI alcanzado sin cambio climático (PBI potencial); mientras que el año 2050 la brecha respecto al PBI potencial estaría entre 20,2 y 23,4%. Alternativamente, estas medidas son equivalentes a una pérdida promedio anual de aquí al 2050 de entre 7,3% y 8,6% del nivel de PBI potencial de cada año.

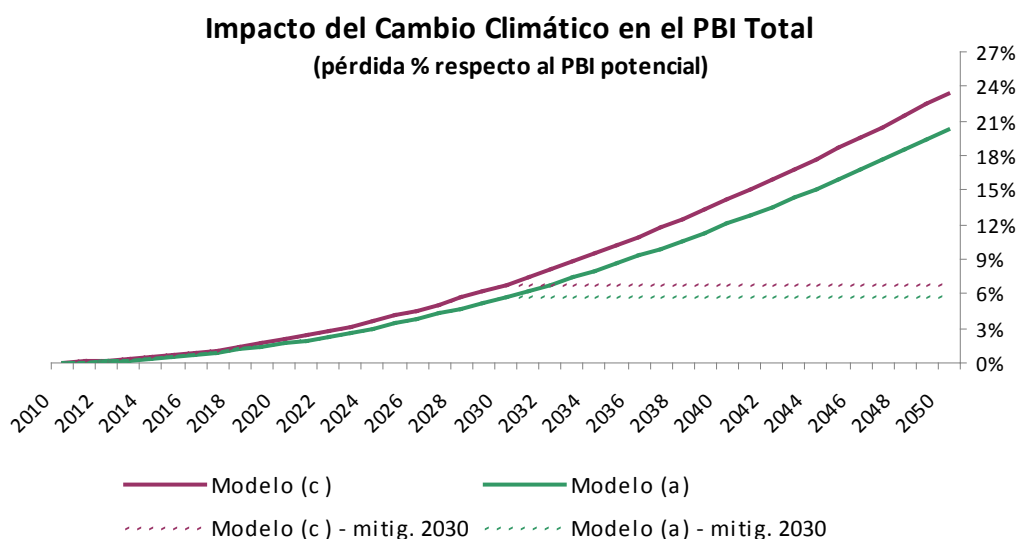


Por otro lado, si la implementación de políticas mitigación globales surgiera efectos en estabilizar la variables climáticas en el 2030, el impacto negativo sobre el PBI potencial en el 2050 se reduciría en un rango de 14,5 y 16,6%. De manera equivalente, dada una estabilización a ese nivel, la pérdida promedio anual de aquí al 2050 se reduciría a un rango entre 3,9% y 4,6% del nivel potencial, ganando un margen entre 3,4% y 3,9% anual con la mitigación.

Los costos del cambio climático dependen de la estabilización de las variables climáticas. Así, en un escenario pasivo, en el que no ocurre dicha estabilización el costo total desde el 2009 al 2050 del cambio climático asciende a un valor que se encuentra entre US \$ 729,8 y 855,8 miles de millones; equivalente a casi 6 y 7 veces el PBI del 2008, respectivamente. Cabe resaltar, que mientras más se postergan las acciones para estabilizar

⁴⁵ Para este ejercicio se considera una tasa de crecimiento del PBI potencial de 6 por ciento, y una tasa de crecimiento de la población de 1,4 por ciento correspondiente al promedio de 2000-2007. Cabe resaltar, que las proyecciones son poco sensibles a las variaciones de estas dos tasas.

el cambio climático, más se acumulan los impactos negativos sobre la economía. Así, una política de mitigación que se haga efectiva al 2030 (es decir, que establezca la variabilidad climática a partir ese año), reducirá el impacto del cambio climático entre US \$ 366,9 y 423,8 miles de millones; acumulando así al 2050 un menor costo total: entre US \$ 362,9 y 432 miles de millones.



Por otro lado, los beneficios de la mitigación son los costos que se dejan de asumir debido a la estabilización de las variables climáticas. Estos beneficios serían crecientes en tanto se adopten las medidas conducentes a la estabilización en un momento más cercano al actual. Así una estabilización de las variables climáticas entre el 2020 y el 2030, tendría beneficios que son mayores (o ligeramente menores) que los rangos de costos estimados. A partir del 2030, no sólo se asumiría un mayor costo sino que sería casi imposible revertir los efectos negativos.

Costos y beneficios del Cambio Climático al 2050, según año de efectividad de las políticas de mitigación (miles de millones de dólares)^{a/}

	2020	2030	2040	2050
<i>Costos del Cambio Climático</i>	(a)	(b)	(c)	(d)
Modelo 1a	124,4	362,9	608,5	729,8
Modelo 1c	148,6	432,0	717,9	855,8
<i>Beneficios de la Mitigación</i>	(d)-(a)	(d)-(b)	(d)-(c)	
Modelo 1a	605,4	366,9	121,3	
Modelo 1c	707,2	423,8	137,9	

a/ La actualización de los valores considera una tasa de descuento de 0.04; consistente con la tasa de interés nominal de bonos públicos a 20 años menos la meta de inflación.

Se debe considerar las limitaciones tanto a nivel de las regresiones como de la metodología para la correcta interpretación de los resultados expuestos. Así, la limitada temporalidad de nuestra base climática no nos permite registrar un cambio significativo de largo plazo en las variables climáticas, por lo que estas estimaciones estarían reflejando el impacto de corto plazo. Asimismo, el hecho de recoger el efecto de la temperatura sobre el crecimiento a partir del análisis de fluctuaciones climáticas interanuales, implica no poder incorporar en la cuantificación del impacto acciones o estrategias de adaptación que se hayan tomado para amortiguar el impacto de la variabilidad climática sobre el crecimiento. Cabe resaltar, que las regresiones son muy sensibles a la especificación del modelo panel o del indicador climático que se construya; encontrándose en algunos casos que las variables climáticas no se registraban significativas; por lo que sería relevante generar mayor conocimiento en esta línea, ya sea incorporando información para un rango de tiempo mayor o a partir de modelos alternativos como los de equilibrio general.

Adicionalmente, un evento de cambio climático considera escenarios de proyección que por lo general se presentan por encima de 50 años, presentándose nueva evidencia que sustenta que cada vez este evento se hace más inminente, sin embargo, aún existe bastante incertidumbre sobre la magnitud real de estos efectos, lo que podría impactar negativamente el crecimiento y no necesariamente de manera lineal, es decir, mayores y más drásticos cambios climáticos podrían potenciar los efectos negativos sobre la economía agregada. En esta misma línea, también se deberían considerar impactos no cuantificables e impactos indirectos que podrían ejercer un papel fundamental en el equilibrio ecológico y humano, y que se encuentran bastante expuestos ante mayores aumentos en la temperatura; como la biodiversidad, la superficie boscosa, el aumento del nivel del mar, la pérdida de superficie glaciaria, y la proliferación de mayores enfermedades, como aquellas transmitidas por vectores.

7 Líneas de acción estratégicas

La evidencia sustenta que los efectos del calentamiento global se agudizan sobre todo en países en desarrollo. En el caso de Perú, nuestra gran biodiversidad y dependencia en sectores sensibles al cambio climático (agricultura, turismo, etc.).

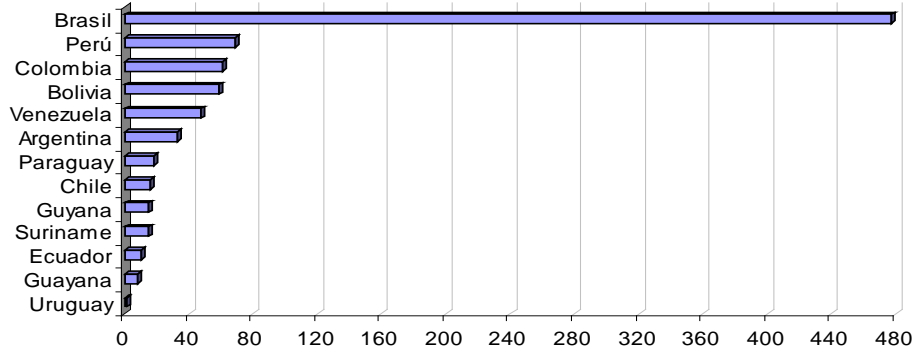
Por otro lado, nuestra participación en las emisiones globales de GEI es escasa: 0.4% del total. Por lo tanto, es conveniente priorizar las políticas orientadas a la adaptación y reducción de vulnerabilidades y en segundo plano las políticas de mitigación. Una razón adicional para que el Estado no se concentre en este tipo de políticas es que sus efectos dependen de las acciones coordinadas entre países y no de las acciones que se adopten unilateralmente.

Sin embargo, si bien nuestra contribución a la acumulación de GEI no nos obliga a adoptar urgentes políticas de mitigación; nuestra gran biodiversidad y potencial para generar proyectos ambientales nos ubica en una posición estratégica para negociar proyectos de reducción de emisiones con países desarrollados que sí tienen compromisos obligatorios. Así, nuestras ventajas comparativas, incrementarían nuestra capacidad de negociación y de financiamiento de certificados de reducción de emisiones bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Así, considerando nuestro potencial podríamos fomentar proyectos relacionados a la producción de electricidad por fuente hidroeléctrica y eólica, conversión de combustibles fósiles a menos contaminantes (gas natural), mejora de la eficiencia de procesos industriales, manejo de residuos, etc. Por otro lado, también existen iniciativas en donde proyectos de conservación de bosques o deforestación evitada califican para la comercialización de emisiones reducidas; sin embargo, estos mecanismos financieros se encuentran poco difundidos.

Así, se deberían fomentar proyectos ambientales en la actividad forestal; abarcando la conservación y reforestación de bosques, así como el fomento de sistemas agroforestales (agricultura o pastos con cierta densidad de árboles). Al respecto, el Perú es el noveno país de mayor superficie forestal a nivel mundial y el segundo en Sudamérica, después de Brasil; y cuenta con más de 10 millones de hectáreas aptas para reforestación.

Superficie Forestal en América del Sur 2005
(millones de ha)



Nota: El total de bosques incluye las plantaciones forestales. Fuente: Situación de los Bosques del Mundo 2007, FAO

En este sentido, nuestra escasa participación en las emisiones globales tampoco es justificación para permitir la deforestación de nuestros bosques. Estos recursos deben ser vistos como un activo cuyo valor crecerá conforme se hagan más evidentes los efectos adversos del cambio climático.

En cuanto a las políticas de adaptación, se debería fomentar la investigación en cuanto a los posibles impactos del cambio climático; tomando como línea de base los diversos daños y consecuencias de variaciones climáticas importantes como el Fenómeno del Niño y sus efectos sobre la productividad agrícola y pecuaria, pérdidas de infraestructura, efectos sobre la salud, etc.

Considerando la reducción de la disponibilidad de recursos hídricos por efecto del cambio climático, se debería aplicar políticas a favor de la conservación y manejo de cuencas (el rímac, mantaro, cuenca del titicaca, etc) y una gestión adecuada del agua fomentando un óptimo almacenamiento en época de lluvias, la mejora del sistema de riego agrario y el procesamiento de aguas servidas.

8 Conclusiones y recomendaciones

El cambio climático es un caso paradigmático de la tragedia de los comunes. De acuerdo con este concepto, un recurso público (la atmósfera) es sobre-explotado debido a que no existen derechos de propiedad bien definidos sobre el mismo (nadie es dueño de ella) y los costos de las acciones individuales no son asumidos de manera privada, sino social.

En este contexto, los países desarrollados y los grandes países emergentes, como China e India, vienen deprimiendo las condiciones atmosféricas y las consecuencias sociales de la emisión de GEI no son asumidas plenamente por ellos, sino que son distribuidas entre todos los países. En esta línea, las políticas de adaptación al cambio climático y mitigación de emisiones de GEI requieren una significativa cooperación internacional.

El impacto global del cambio climático se encuentra en función del aumento esperado de la temperatura global, alcanzando según la metodología empleada pérdidas de hasta 20% del PBI mundial para aumentos de temperatura por encima de 5°C. La amplitud de los rangos de las estimaciones y la existencia de factores poco conocidos hasta hoy, genera mucha incertidumbre sobre el beneficio de la inversión en políticas de estabilización del GEI que mitiguen estos potenciales impactos globales. Este hecho se ve reflejado en la actitud pasiva de los principales agentes competentes aún cuando cada año de inacción encarece la adopción de políticas rígidas de mitigación que estabilicen la temperatura a un nivel que no genere cambios climáticos significativos.

Países como China y USA son los que obtienen menores beneficios netos de la adopción de políticas estrictas de mitigación, debido a que presentan la mayor participación en la acumulación de GEI y los menores impactos del cambio climático; dificultando así la adopción voluntaria de compromisos internacionales como Kyoto en favor de la estabilización de sus emisiones.

Por otro lado, entre las regiones más afectadas ante el cambio climático se encuentran África, el Sur y Sur-Este de Asia y América Latina; regiones con mayor dependencia de sectores sensibles al cambio climático, bajos ingresos y sistemas institucionales deficientes.

El impacto del cambio climático se manifestará en el Perú a través de los efectos de:

- Retroceso glaciar, que actualmente se viene manifestando con una disminución del 22% de la superficie glaciar en los últimos 22 a 35 años.
- Agudización del período de estiaje y disminución de la disponibilidad de agua para consumo humano, uso agrícola, uso industrial y generación eléctrica.
- Aumento del riesgo de desastres naturales como huaycos, deslizamientos, etc. e inundaciones en zonas costeras por la elevación del nivel del mar.
- Aumento de la frecuencia e intensidad del Fenómenos del Niño.

- Disminución de la disponibilidad de fitoplancton en el mar y, en consecuencia, menor productividad pesquera primaria y disponibilidad de recursos pesqueros.
- Sabanización de bosques tropicales como consecuencia de la disminución del agua en los suelos.
- Pérdida de biodiversidad y extinción de especies.

El impacto global de los Fenómenos del Niño 82-83 y 97-98 ascendió a 11.6% y 6.2% del PBI anual de 1983 y 1998, respectivamente⁴⁶. El impacto menor en términos relativos para el período 97-98 a pesar de presentar características más intensas, se explica principalmente por una menor pérdida agropecuaria debido a que no se produjo gran sequía en el sur peruano y por la existencia de una previsión temprana que permitió ejecutar acciones de prevención y mitigación de los efectos negativos.

Si bien estos costos se derivan de eventos Niño de magnitud muy severa, se podría esperar impactos aún mayores ante un cambio climático extremo; ya que no sólo se vería involucrado el daño en infraestructura y la pérdida de producción agrícola y pecuaria como en un evento Niño, sino también la pérdida de biodiversidad, la escasez de recursos hídricos (consumo y energía) producto de la desglaciación, la aparición y propagación de enfermedades causadas por vectores, entre otros factores.

Nuestra medición del impacto del cambio climático para el Perú, basada en el marco teórico propuesto por Dell, et al (2008), estima un impacto negativo sobre la tasa de crecimiento del PBI per cápita al 2030, que fluctúa entre 0,18 y 0,78 puntos porcentuales por debajo del nivel de crecimiento potencial, según los diferentes escenarios climáticos. Bajo un escenario climático más extremo (un aumento de 2°C y 20% en la variabilidad de las precipitaciones al 2050), se establece que en el año 2030 alcanzaríamos un nivel de PBI total entre 5,7 y 6,8% menor al nivel de PBI alcanzado sin cambio climático (PBI potencial); mientras que al año 2050 estas pérdidas respecto al PBI potencial serían superiores al 20%.

Estas medidas serían equivalentes a una pérdida promedio anual de aquí al 2050 de entre 7,3% y 8,6% del nivel de PBI potencial. Sin embargo, si la implementación de políticas de mitigación globales surgiera efectos en estabilizar la variables climáticas al

⁴⁶ Expresados en dólares de 1998 para su comparación.

2030, la pérdida promedio anual de aquí al 2050 se reduciría a casi la mitad, a un rango entre 3,9% y 4,6% del nivel potencial.

Asimismo, se destaca que la inacción en cuanto a políticas climáticas se refiere tiene un efecto perjudicial sobre la economía agregada. Así, los beneficios de la implementación de políticas que mitiguen los efectos del cambio climático entre el 2020 y el 2030, son mayores y/o ligeramente menores que los rangos de costos estimados; a partir de entonces, no sólo se asumiría un mayor costo sino que sería casi imposible revertir los efectos negativos.

Estas proyecciones recogen el efecto de la temperatura sobre el crecimiento a partir del análisis de fluctuaciones climáticas interanuales, por lo que sólo se estaría recogiendo el impacto de corto plazo. Otro limitante es que este modelo no considera que cambios climáticos drásticos podrían potenciar y magnificar los efectos negativos sobre la economía agregada.

Se deberían generar mayores acciones que aporten al conocimiento sobre los impactos del cambio climático en el Perú, a través de distintas perspectivas y metodologías que incorporen las características sectoriales de nuestra economía, como por ejemplo a través de modelos de equilibrio general a pesar de las limitaciones existentes, como la escasa disponibilidad de información histórica y la gran incertidumbre acerca de los canales de los efectos del cambio climático y sus interrelaciones entre ellos.

Adicionalmente, se hace necesaria una gran visión integral y multidisciplinaria para planificar y concretar acciones anticipadamente que permitan adaptarnos a las potenciales consecuencias del cambio climático, mas aún, considerando nuestra gran vulnerabilidad ante eventos de esa naturaleza. Si se espera que se observen cambios ambientales adversos producto del calentamiento global, no sólo ya se habrán generado daños irreversibles sino también tendremos que asumir los mayores costos de adaptarnos a temperaturas aún mayores.

Entre las principales acciones de adaptación y mitigación que deberíamos priorizar destacan:

Gestión del conocimiento de información climática

- Se requiere que instituciones especializadas estudien con mayor detalle los distintos escenarios climáticos asociados a los distintos rangos de estabilización de GEI globales.

El objetivo sería identificar cómo las variaciones de las principales variables meteorológicas y climáticas podrían afectar los principales sectores vulnerables al cambio climático (agricultura, pesca, etc.). Estos resultados deberían facilitar la estimación de impactos económicos globales bajo modelos de equilibrio general.

- Promover información y conocimiento para identificar las regiones más vulnerables al cambio climático y mejorar la previsión climática que permita identificar fenómenos meteorológicos y climáticos como el Fenómeno del Niño.
- Estudiar y monitorear el derretimiento de los glaciales, priorizando aquellos que alimentan fuentes de abastecimiento energético.

Gestión del agua, energías renovables y bosques

- Políticas a favor de la conservación y manejo de cuencas.
- Gestión adecuada del agua considerando la fijación de tarifas que reflejen la escasez del recurso.
- Fomentar un óptimo almacenamiento en época de lluvias y la conservación del recurso, a través de la tecnificación del sistema de riego, el procesamiento de aguas residuales, construcción de transvases y represas, etc.
- Generar conocimiento técnico para generar proyectos que mejoren el aprovechamiento del recurso, considerando que sólo aprovechamos el 47% del total de agua que llega a la costa, perdiendo lo restante en el mar⁴⁷.
- Incentivar la inversión en energía renovables y promover la eficiencia energética en procesos industriales
- Conservación de bosques naturales y control de la deforestación.
- Gestión de ecosistemas forestales y agroforestales, reduciendo así la presión de la agricultura migratoria sobre los bosques.
- Promover el mercado de carbono a través de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Acciones preventivas a partir de experiencias del Niño

- Proyectos de mantenimiento y encauzamiento de ríos.

⁴⁷ Del total de agua que discurre por nuestros ríos y lagos (dos billones de metros cúbicos), el 97% se pierde en la cuenca del Atlántico, el 1% se adentra en el lago Titicaca, y el 2% restante llega a la costa.

- Obras de ensanchamiento de cauces, protección de bordes de ríos, limpieza y mejora de sistemas de drenajes en zonas urbanas vulnerables para reducir la incidencia de inundaciones y proliferación de insectos.
- Reconstrucción y mantenimiento de carreteras y puentes.
- Promover programas de salud preventiva y sistemas de alerta temprana de desastres y/o inundaciones.

Finalmente, se debe recalcar que una política fiscal más austera y el gasto focalizado en políticas de adaptación, en anticipo a futuros choques de oferta negativos producto del calentamiento global, permitiría un mayor margen de acción en el largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

Banco Mundial. Desarrollo con menos carbono. Respuestas Latinoamericanas al desafío del cambio climático. Estudios del Banco Mundial sobre América Latina y el Caribe 2009

Banco Mundial. State and Trends of the Carbon Market 2008. May 2008

Banco Mundial. The Little Green Data Book 2008.

Bradley, Vuille y Vergara. Threats to Water Supplies in the Tropical Andes. Science. Volumen 312. Junio 2006

Brooks, Nick and W. Neil Adger. Country level risk measures of climate-related natural disasters and implications for adaptation to climate change. Tyndall Center. Enero 2003.

CAF. Las Lecciones del Niño - Perú

CAN. El Cambio Climático no tiene Fronteras. Impacto del Cambio Climático en la Comunidad Andina. Comunidad Andina. Mayo 2008

CONAM 2005. Evaluación Local Integrada y Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca del Río Piura.

CONAM 2002. Estrategia Nacional del Cambio Climático. Versión N° 8.

CONAM 2001. Primera Comunicación del CONAM 2001

CONAM 1999. Perú: Vulnerabilidad Frente al Cambio Climático. Aproximaciones a la experiencia con el fenómeno El Niño.

Dell Melissal, F. Jones y A. Olken. Climate Change and Economic Growth: Evidence from the last half century. Working Paper 14132. National Bureau of Economic Research, Junio, 2008.

FAO. Situación de los Bosques del Mundo 2007.

INEI. Anuario de Estadísticas Ambientales 2007, 2008, 2005. Dirección Técnica de Demografía e Indicadores Sociales.

Instituto Nacional de Defensa Civil. Compendio Estadístico de Emergencias 2001..

Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Informe del Grupo Gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Noviembre 2007.

Informe Planeta Vivo 2006. World Wildlife Fund (WWF), Instituto de Zoología de Londres y Red de la Huella Global.

MINAG. Taller Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Exposición de Manuel Leiva – MINAG sobre los Avances del sector agrícola en la adaptación al cambio climático

MINAG. INRENA. Plan Nacional de Reforestación. Diciembre 2005.

PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Human Development Report 2007/2008. Fighting Climate Change: Human solidarity in a divided world.

SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Escenarios de cambio climático en el Perú al 2050. Cuenca del Río Piura.

Stern, Nicholas. The Economics of Climate Change: The Stern Review 2007. London, HM Treasury. The Andes. EOS. Vol 88, N°25, Junio 2007.

Vergara, Deeb, Valencia, Bradley y Otros. Economic Impacts of Rapid Glacier Retreat in the Andes. EOS. Vol. 88, N° 25, Junio 2007.

World Economic Outlook 07. Spillovers and Cycles in the Global Economy. Fondo Monetario Internacional. Abril 2007

World Economic Outlook 08. Housing and the Business Cycle. Fondo Monetario Internacional. Abril 2008

ANEXO 1

MODELO	DESCRIPCIÓN
Modelo 1a	Efectos fijos panel y año Paneles heterocedasticos y autocorrelacionados Variables contemporáneas: Temperatura máxima, mínima y Precipitaciones
Modelo 1b	Efectos fijos panel y año Paneles heterocedasticos y autocorrelacionados Variables contemporáneas y con un rezago: Temperatura máxima, mínima y Precipitaciones
Modelo 1c	Efectos fijos panel y año Paneles heterocedasticos y autocorrelacionados Variables contemporáneas: Temperatura máxima, mínima y Precipitaciones. Interacción de efectos climáticos para departamentos vulnerables

*Nota: Las variables de temperatura máxima y mínima se encuentran en °C, la variable Precipitación se expresa como el valor absoluto de la desviación en mm/anuales respecto al promedio muestral 90-2007 (excluyendo del promedio los valores atípicos asociados al evento Niño del 97/98)

ANEXO 2

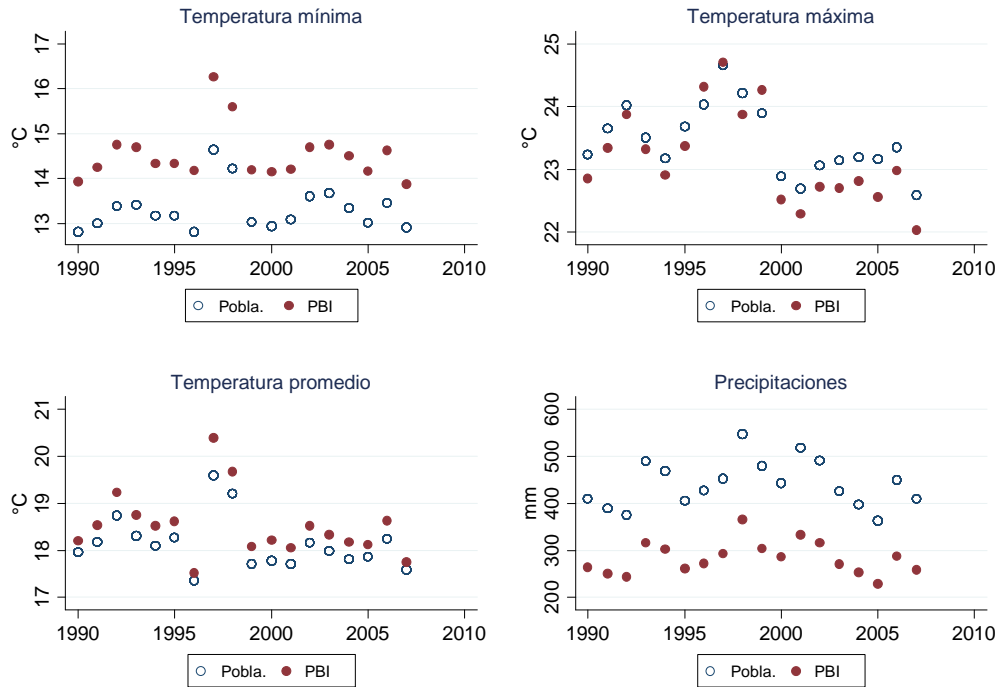
Impacto de la variabilidad climática sobre el crecimiento, regresiones panel
1990-2007

	(1a)	(1b)	(1c)
Tempe Máxima	-0,437 *** (-2.60)	-0,437 ** (-2.00)	-0,343 ** (-2.13)
Tempe Máxima (-1)		-0,049 (-0.24)	
Tempe Mínima	0,081 (0.80)	-0,062 (-0.47)	-0,221 * (-1.67)
Tempe Mínima (-1)		0,204 (1.52)	
Preci	-0,005 *** (-5.37)	-0,005 *** (-3.76)	-0,005 *** (-3.46)
Preci (-1)		0,002 (1.44)	
Tempe_max*depa_risk			-0,154 (-0.62)
Tempe_min*depa_risk			0,423 ** (2.05)
Preci*depa_risk			0,003 (1.29)
Observations	432	408	432

* significancia al 10%; ** significancia al 5%; *** significancia al 1%. En paréntesis se reporta el Z estadístico. Las estimaciones incluyen efectos fijos a nivel de panel y año; y supuestos de heterocedasticidad y autocorrelación sobre la estructura del error a nivel de paneles.

ANEXO 3

Tendencia de variables climáticas a nivel nacional^{1/}



1/ La agregación de las variables climáticas a nivel nacional se efectúa ponderando las variables climáticas regionales por su composición demográfica o por su participación relativa respecto al PBI total.