

1. INTRODUCCIÓN

El efecto de invernadero ha estado siempre presente en nuestra atmósfera y, es debido a él que la vida en la Tierra es posible. Con el desarrollo industrial las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera ha ido aumentando, provocando un cambio en el balance energético de la misma, lo que lleva a un aumento de la temperatura del sistema atmósfera-tierra.

El aumento de las concentraciones de los gases de efecto invernadero, son debidas principalmente a las actividades humanas. Esto trae como consecuencia cambios en el sistema climático, los cuales tienen repercusión en las actividades socioeconómicas. Estas repercusiones denominadas impactos del cambio climático son potencialmente considerables, siendo de gran beneficio poder evaluar dichos impactos con el fin de hacer posible la preparación de la sociedad para enfrentar las consecuencias adversas de estos cambios.

Para evaluar los impactos del cambio climático, es necesario realizar proyecciones del clima futuro que permitan evaluar el comportamiento de los sistemas medio ambientales. De la adecuada proyección del clima futuro dependerá, la adopción de medidas más eficaces y apropiadas. Estas predicciones del clima futuro son conocidas como Escenarios de Cambios Climáticos.

2. CAMBIOS CLIMÁTICOS A ESCALA GLOBAL

Con el fin de comprender lo que constituyen las concentraciones de gases de efecto invernadero que impedirían la interferencia peligrosa en el sistema climático, hay que comprender primero las concentraciones actuales en la atmósfera y las tendencias de los gases de efecto invernadero, y sus consecuencias (tanto presentes como previstas) para el sistema climático.

Las concentraciones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, y entre ellos el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), y óxido de nitroso (N₂O), han crecido considerablemente desde la era preindustrial. Las tendencias pueden atribuirse en gran parte a las actividades humanas, sobre todo al uso de combustibles fósiles, al cambio en la utilización de la tierra y a la agricultura. El incremento de las concentraciones de gases de efecto invernadero provoca, por término medio, un calentamiento adicional de la atmósfera y de la superficie de la Tierra.

Los aerosoles de la troposfera resultantes de la combustión de combustibles fósiles, de la quema de biomasa y de otras fuentes han tenido un forzamiento directo negativo, y posiblemente también indirecto negativo de la misma magnitud. Si bien el forzamiento negativo se centra en determinadas regiones y zonas subcontinentales, pueden tener efectos a escala continental-hemisférica sobre las características del clima.

El cambio climático provocado por actividades humanas representa una importante presión adicional, sobre todo para los numerosos sistemas ecológicos y socioeconómicos ya afectados por la contaminación, las crecientes demandas de recursos y las prácticas de gestión no sostenibles.

2.1 ESCENARIOS DE EMISIONES GLOBALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La humanidad está alterando la concentración de los gases de invernadero y los aerosoles, que influyen en el clima y, a la vez, son influidos por éste. Los gases de invernadero reducen la pérdida neta de radiación infrarroja hacia el espacio y tienen poco impacto en la absorción de la radiación solar, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida y produce el denominado efecto invernadero. En esta sección se presentan en forma resumida los escenarios de emisiones globales de gases de efecto invernadero. Los escenarios de emisiones son construidas a partir de diferentes suposiciones tales como, el crecimiento de la población, la economía, la eficiencia energética y las políticas relacionadas con la limitación de las emisiones.

El resumen de las hipótesis de los escenarios alternativos del IPCC 1992, utilizados en este estudio se muestran en la Tabla 1(Cambio Climático, 1995).

TABLA 1: RESUMEN DE LAS HIPÓTESIS DE LOS ESCENARIOS ALTERNATIVOS DEL IPCC 1992

Escenario	Población	Crecimiento económico	Abastecimiento energético
IS92a, b	Banco Mundial 1991 11.300 millones para 2100	1990-2025: 2,9 % 1990-2100: 2,3%	<ul style="list-style-type: none"> • 12.000 EJ combustible convencional • 13.000 EJ de gas natural • costo de la energía solar desciende a US\$ 0,075 KW/h • 191 EJ anual de biocombustible a \$70/barril (1barril = 6 GJ)
IS92c	Caso medio-bajo NU 6.400 millones para 2100	1990-2025: 2,0% 1990-2100: 1,2%	<ul style="list-style-type: none"> • 8000 EJ combustible convencional • 7300 EJ de gas natural. El costo de la energía nuclear desciende en un 0,45 anual.
IS92d	Caso medio-bajo NU 6.400 millones para el 2100	1990-2025: 2,7% 1990-2100: 2,0%	<ul style="list-style-type: none"> • Petróleo y gas lo mismo que IS92c • El costo de la energía solar desciende a \$0,065/KW/h • 272 EJ de biocombustible a \$50 el barril • 1 barril = 6 GJ
IS92e	Banco Mundial 1991 11.300 millones para el 2100	1990-2025: 3,5% 1990-2100: 3,0%	<ul style="list-style-type: none"> • 18.400 EJ combustible convencional • El gas lo mismo que IS92a,b. • Eliminación progresiva de la energía nuclear para 2075

2.2 MODELOS CLIMÁTICOS A ESCALA GLOBAL

Las componentes principales del sistema climático que revestirán importancia durante el siglo próximo para el cambio climático y sus consecuencias, como la subida del mar son: la atmósfera, los océanos, la biosfera terrestre, los glaciares y capas de hielo y la superficie terrestre. Para elaborar proyecciones sobre el impacto de las perturbaciones antropógenas del sistema climático es necesario calcular los efectos de todos los procesos clave que intervienen en dichos componentes del sistema climático y las interacciones correspondientes. Estos procesos climáticos se pueden representar en términos matemáticos basados en leyes físicas, como la conservación de la masa, la conservación del momento y la conservación de la energía (Documento Técnico II del IPCC, 1997).

Se puede presentar el sistema climático mediante modelos de diversos grados de complejidad; dicho de otra manera, a cada componente del sistema climático se le puede aplicar una jerarquía de modelos. Los modelos climáticos pueden presentar diferencias respecto de su alcance, es decir, la cantidad de componentes climáticos presentados. Un modelo climático puede tratar de modelar sólo la atmósfera, mientras que un modelo de mayor alcance(más completo), podría incluir la atmósfera (y la química atmosférica), el océano y las biosferas terrestre y marina.

Existe un amplio abanico de modelos para la mayoría de los componentes del sistema climático. Están los denominados, modelo climático simple (MCS) que son los modelos climáticos del ciclo de carbono y de difusión, que se han usado para calcular la acumulación de CO₂, los cambios de temperaturas y el aumento del nivel del mar. Se aplica la expresión modelo complejo, a los modelos de la circulación general (MCG) atmosféricos y oceánicos ejecutados en modalidad autónoma o acoplada.

Los modelos atmosféricos y oceánicos más complejos son los MCGA y los modelos de la circulación general oceánicos (MCGO) tridimensionales. En estos modelos la atmósfera o el océano se divide en una rejilla horizontal, cuya resolución es de 2-4° de latitud por 2-4° de longitud en los modelos más recientes, y de 10 a 20 capas en la vertical.

En el software MAGICC/SCENGEN se encuentran un grupo de modelos de circulación general, los cuales presentan resultados diferentes para las variables climáticas, es decir, mientras unos modelos presentan aumento en la precipitación, otros dan disminución para una misma región. Estas condiciones generan grados de incertidumbres que deben ser recogido en los escenarios de cambio climático a generar.

2.3 EMISIONES GLOBALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Para construir los escenarios de cambios climáticos, es necesario tener escenario de emisiones globales de gases de efecto invernadero, que permitan prever las concentraciones atmosféricas de estos gases.

Las emisiones globales futuras (producidas por el MAGICC), se combinan con aspectos de los modelos acoplados de circulación general de la atmósfera (generados por SCENGEN), para simular las repercusiones en el clima de la Tierra y de Paraguay. Los escenarios alternativos de emisiones utilizados fueron los escenarios del IPCC 1992 (IS92c, IS92d e IS92a), que contemplan las emisiones del dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, clorofluorocarbono, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, desde nuestros días hasta el año 2100.

Para este estudio se presentan únicamente los valores de las emisiones globales de los principales gases de efecto invernadero: dióxido de carbono(CO₂), el metano(CH₄), y el óxido nitroso(N₂O); no se consideran las emisiones de los aerosoles, ya que en la actualidad el modelo SCENGEN para la generación de escenarios climáticos no los puede incorporar.

2.4 RESULTADOS DE LAS EMISIONES GLOBALES

En esta sección se presentan en forma resumida las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Los escenarios de emisiones son construidas a partir de diferentes suposiciones tales como, el crecimiento de la población, la economía, la eficiencia energética y las políticas relacionadas con la limitación de las emisiones.

Las tendencias de las emisiones de CO₂ a partir del 2000 hasta el año 2100, para los escenarios IS92c, IS92d e IS92a, se presentan en las figuras 1.a y 1.b.

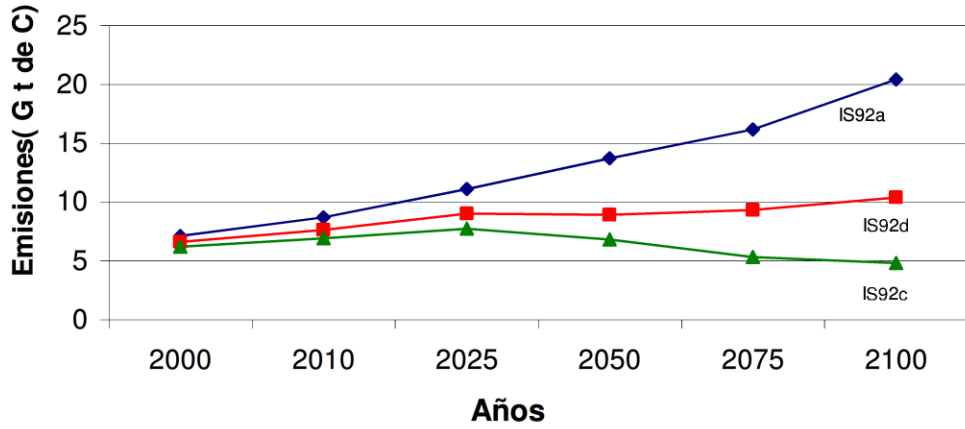
En la figura 1.a, se observa la tendencia ascendentes de las emisiones de CO₂ por quema de combustible fósil para el escenario IS92a, e IS92d. Para el escenario IS92c, se observa una reducción a partir del año 2025.

En la figura 1.b, se tiene las emisiones de CO₂ por quema de bosques. Se puede apreciar una reducción para los tres escenarios. Estas reducciones se debe a políticas ambientales más severas y, a la disponibilidad de bosques a escala mundial.

En la figura 2 a, se presenta las tendencias de las emisiones del oxido nitroso (N₂O) bajo los diferentes escenarios de emisión. El escenario IS92a, muestra una tendencia ascendente en las emisiones de N₂O hasta el 2100, algunos cambios importantes se observan en la tasa de crecimiento alrededor de los años a partir del 2025. En los escenarios IS92d e IS92c, se observan tasas menores de aumento de emisiones de N₂O hasta próximo del año 2050. A partir del año 2050, los escenarios IS92d e IS92c presentan reducciones en las emisiones de N₂O. En cambio en el escenario IS92a, se presenta desde el año 2050 un periodo de alrededor de 25 años de estabilización de las emisiones.

La figura 2.b, muestra la tendencia de las emisiones del metano (CH₄) para los diferentes escenarios de emisión. Se puede ver que el escenario IS92a, presenta una tendencia creciente hasta el año 2100 con respecto a las emisiones de los escenarios moderado IS92d e IS92c. En cambio, la tendencia de las emisiones del metano para los escenarios IS92d e IS92c, presentan una reducción en las concentraciones a partir del año 2050.

EMISIONES DE CO2 POR QUEMA DE COMBUSTIBLES



EMISIONES DE CO2 POR DEFORESTACIÓN

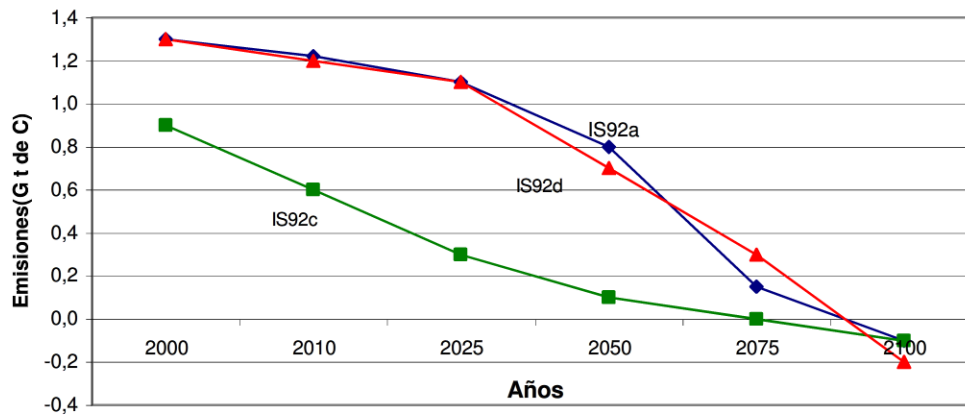


Figura 1. Emisiones globales de CO2 por : a) quema de combustibles y b) deforestación

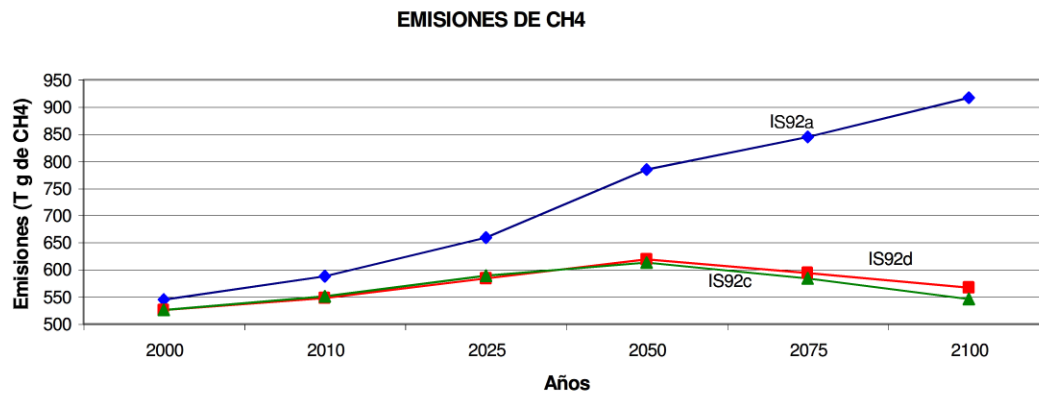
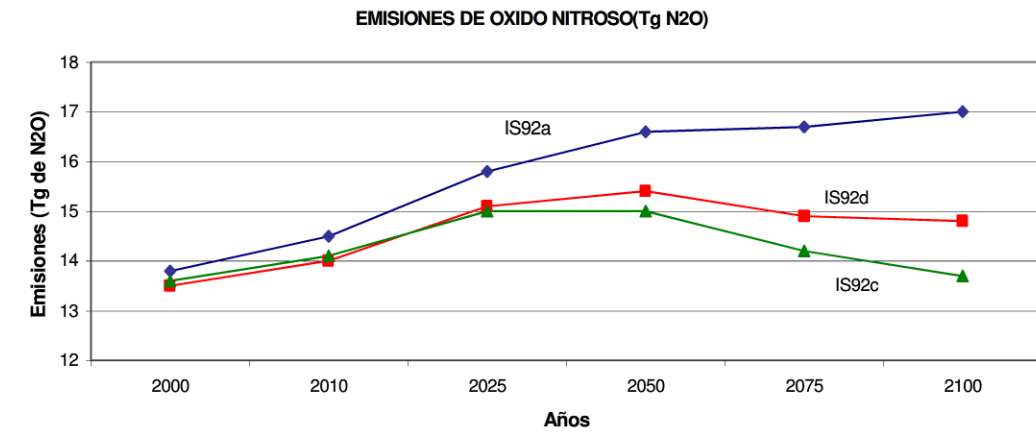


Figura 2. Emisiones globales de: a) Oxido Nitroso y b) Metano

2.5 PROYECCIONES DEL AUMENTO DE LA TEMPERATURA MEDIA GLOBAL DEL PLANETA

Cada uno de los gases de efecto invernadero tiene un efecto particular de calentar la atmósfera, esto es debido al forzamiento radiactivo. En base a las proyecciones de las emisiones de los gases de efecto invernadero, sus aumentos en las concentraciones en la atmósfera y la contribución de estos gases al calentamiento de la atmósfera, se puede estimar cuanto cambiaría la temperatura global del planeta, y cuanto podría afectar el clima.

En la figura 3, se puede ver la estimación global del aumento en la temperatura del planeta bajo los escenarios IS92a, IS92d e IS92c, bajo las condiciones sociales, económicas y ambientales que suponen los escenarios seleccionados. Se puede ver, que para el año 2100, el mayor incremento de la temperatura se presenta bajo el escenario IS92a. Se estima que la temperatura media del planeta para el escenario IS92a, podría alcanzar cerca de 2.5°C sobre la temperatura base del 1990. En el caso del escenario IS92d, podría llegar alrededor de 1.5°C y, en el caso más optimista IS92c, la temperatura media global podría ser aproximadamente 1.2°C.

Este aumento en la temperatura media global del planeta, produciría una variación en los parámetros climáticos, tales como en el contenido de la humedad del aire, la nubosidad, la temperatura y la precipitación, entre otros. La alteración de estos parámetros afectaría el clima en las diferentes regiones del planeta.

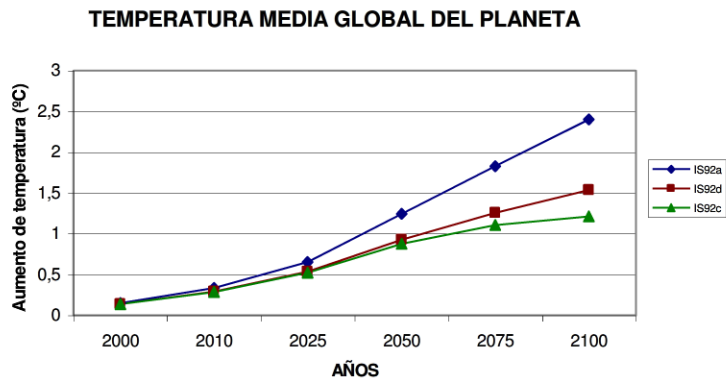


Figura 3. Aumento en la temperatura media global del planeta

3. FUTURO CLIMA DEL PARAGUAY

3.1 METODOLOGÍA

Para evaluar los impactos del Cambio Climático es necesario realizar proyecciones del futuro clima, que permitan evaluar el comportamiento de los sistemas medioambientales. De la adecuada proyección del futuro clima dependerá, la adopción de medidas más eficaces y apropiadas

La simulación del futuro clima del Paraguay fue realizado a partir de un conjunto de escenarios de emisión asociados a los Modelos de Circulación Global (MCG), utilizando para este caso el software MAGICC/SCENGEN. La variación de las principales características del clima (temperatura y precipitación), para diferentes escenarios de emisiones de los gases de efecto invernadero durante el próximo siglo, se realizó con respecto al período de referencia 1961-1990. Las predicciones del clima futuro son conocidos como escenarios de cambios climáticos

3.2 ESCENARIOS DE CAMBIOS CLIMÁTICO

Una vez estimadas las emisiones y concentraciones de los gases de efecto invernadero, es necesario conocer los cambios en el balance energético de la Tierra y la respuesta del sistema climático a dichos cambios. Las formas de evaluar la respuesta del sistema climático ante los cambios en el balance energético son diversas, y van desde formas tan simples como la consideración del planeta como un solo punto, conocido como Modelo Climático Simple (MCS), hasta los modelos tridimensionales acoplados de la atmósfera y el océano de varios niveles tanto para la atmósfera como para el océano, conocidos como Modelos de Circulación General (MCG).

Los MCG son recorridos con iteraciones de cientos de años para las simulaciones del clima futuro, estas simulaciones se realizan en dos fases. En la primera fase se realiza el experimento de control (1XCO₂), en el cual se evalúa la capacidad del MCG para simular temporal y espacialmente el clima actual. En la segunda fase, se realiza el experimento perturbado (2XCO₂), en el cual se introducen las concentraciones de los gases de efecto invernadero. Los resultados de estos experimentos, se presentan en valores de las variables simuladas en rejillas regulares que difieren en sus dimensiones entre los modelos. Además, cada MCG varía en las consideraciones, suposiciones, niveles de la atmósfera y del océano, entre otros.

Los resultados de los MCG, varían de uno a otro, por lo que la elección de cuál de ellos simula mejor el clima de la región, es un proceso que requiere de atención y cuidado. Un sólo modelo, no es el que mejor simula el clima para todas las regiones, mientras unos modelos simulan mejor el clima en una región, en otra lo hace mejor otros modelos. Esto es debido fundamentalmente por que el conocimiento científico del funcionamiento de la atmósfera no es perfecto. Por todo lo comentado, la modelación del clima futuro presenta importantes incertidumbres. Estas incertidumbres están recogidas en la **sensibilidad climática**, que se refiere al aumento constante de la temperatura media mundial anual del aire en la superficie asociado con un determinado forzamiento radiactivo medio mundial.

En la comparación de las sensibilidades de los modelos climáticos es común utilizar como referencia la duplicación de CO₂. Según reportes del Panel Intergubernamental de Expertos Climáticos sobre Cambios Climáticos (IPCC), se prevé que la sensibilidad climática con duplicación del CO₂ oscilará entre 1.5° C hasta 4.5° C. Como consecuencia de éste rango de incertidumbres, las proyecciones del futuro clima no pueden considerarse como pronósticos y se denominan escenarios.

3.3 SELECCIÓN DE MODELOS

Existen una gran variedad de métodos para crear escenarios de cambio climático. Según Carter et al. (1993) y Perry y Carter (1998), los métodos principales son: **sintético**, conocidos también como incrementales; **análogos**, que consideran situaciones de calentamiento similares ocurridas en otras épocas y lugares, y aquellos que pueden ser contruidos a partir de los resultados de los **Modelos de Circulación General (MCG)**. De entre todos los modelos, lo más utilizados son los de MCG, por que proyecta mejor el clima futuro (Benioff et. al., 1996).

A pesar de lo adecuado del uso de los MCG, su empleo presenta algunas limitaciones, por ejemplo, la resolución espacial de las rejillas sobre las que operan es muy baja. Se han elaborados diferentes metodología que, utilizando los resultados de los MCG, permiten solucionar las dificultades expresadas. Entre ellos se encuentra la combinación de los resultados de Modelos Climáticos Simples (MCS) con la salida de los MCG, que permite considerar una amplia gama de supuestos sobre las emisiones futuras de gases de efecto invernadero. Utilizando ecuaciones sencillas, los MCG son capaces de simular la respuesta del clima global, en términos de temperatura media y ascenso del nivel mar.

La última idea de combinar los MCS con los MCG, fue desarrollado por Viner y Hulme (1993) para crear los escenarios de cambio climático en Europa, y desarrollada posteriormente en los software MAGICC/SCENGEN. El software MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse gas Induced Climate Change), es un modelo climático unidimensional que proporciona estimaciones de las concentraciones de gases de efecto invernadero, temperatura media global y elevación del nivel del mar. El SCENGEN (SCENario GENerator), combina los resultados de MAGICC con los de un amplio grupo de MCG, para producir escenarios de cambio climático regionales en términos de temperatura, precipitación y cobertura nubosa.

El uso de la combinación MAGICC/SCENGEN, permite investigar con gran rigor científico y, con un altísimo nivel de eficiencia desde el punto de vista de informática, la influencia de los diferentes escenarios de emisión y de otros elementos como la sensibilidad climática. Esta combinación ha sido la metodología empleada para el caso de Paraguay para la construcción de las proyecciones del clima futuro.

En el SCENGEN se encuentra disponible un gran número de modelos de circulación general, estos modelos ofrecen resultados diferentes para las variables climáticas. En la Tabla 2, se muestran los diferentes modelos de circulación disponibles en el SCENGEN versión 2.4, y que fueron utilizados en la construcción de los escenarios de cambio climático para Paraguay.

En la Tabla N° 2, se puede notar las diferencias entre las sensibilidades climáticas dados por los diferentes modelos, y la diferencia en la resolución espacial de los mismos.

Es imposible usar los resultados de todos los modelos mostrados en la Tabla 2, esto daría lugar a la creación de una cantidad de proyecciones climáticas que no sería posible de evaluar en una valoración de impactos. Por el contrario, utilizar un solo modelo sería prácticamente un pronóstico y no quedaría evaluada los incertidumbres. Debido a ello muchos criterios han sido descritos en la literatura. En general, pueden considerarse como criterios a tenerse en cuenta, la resolución espacial del modelo, la fecha de realización del experimento, la representatividad de los resultados y la capacidad de simulación adecuada del clima.

Tabla 2: Principales características de los Modelos de Circulación General disponibles en el SCENGEN

Modelos del SCENGEN	Año	Resolución espacial (latitud/longitud)	Sensibilidad climática Δt_{2x} (°c)	Coefficiente de correlación de la precipitación patrón media mensual
HadCM2	1995	2.5°x3.75°	2.5	0.76
UKTR	1991	2.5°x3.75°	2.7	0.76
CSIRO-TR	1996	3.2°x5.6°	4.3	0.74
ECHAM4	1992	2.8°x2.8°	2.6	0.74
UKHI-EQ	1989	2.5°x3.75°	3.4	0.72
CSIRO2-EQ	1995	3.2°x5.6°	4.3	0.71
ECHAM3	1995	5.6°x5.6°	2.6	0.67
UIUC-EQ	1996	4°x5°	3.38	0.65
ECHAM1	1989	5.6°x5.6°	2.6	0.64
CSIRO1-EQ	1991	3.2°x5.6°	4.8	0.64
CCC-EQ	1989	3.7°x3.75°	3.5	0.63
GFDL-TR	1994	4.5°x3.7°	3.7	0.62
BMRC-EQ	1991	3.2°x5.6°	2.2	0.61
CGCM1-TR	1992	3.7°x3.7°	3.5	0.61
NCAR-DOE	1995	4.5°x3.75°	4.6	0.59
CCSR-NIES	1996	5.6°x5.6°	3.5	0.59

Uno de los criterios utilizados en los estudios de vulnerabilidad, es el criterio de representatividad según el cual se seleccionan varios modelos de circulación general, mediante los cuales queden representadas las condiciones de cambio extremas del clima (variación baja y alta). Este método tiene como ventaja que permite considerar un amplio rango de las incertidumbres asociadas a las proyecciones de los MCG, con lo que se cumple con una de las condiciones necesarias para la creación de escenarios climáticos.

Finalmente, se ha decidido para Paraguay trabajar con tres modelos de circulación global que permite el SCENGEN, y son los siguientes: el modelo HadCM2, el modelo CCC-EQ y el modelo UKTR-UK, cuyas características principales pueden verse en la Tabla 2.

3.4 SELECCIÓN DE ÁREAS DE ESTUDIO Y SUS ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS

Para el estudio se ha dividido el país en cuatro áreas o regiones. Esta división, se realizó debido a que el modelo SCENGEN tiene una resolución espacial de 5° por 5° de latitud y longitud. Para cada área o región se considera un comportamiento homogéneo del clima. Las delimitaciones de las áreas o regiones, se puede ver en la Tabla 3.

Tabla 3: Delimitación de las áreas o regiones de estudio

ÁREA	LATITUD(SUR)		LONGITUD(OESTE)	
	DESDE	HASTA	DESDE	HASTA
I	20°	25°	60°	65°
II	20°	25°	55°	60°
III	25°	30°	55°	60°
IV	25°	30°	50°	55°

El área I concierne al oeste de la región occidental, incluye en gran parte el departamento de Boquerón.

El área II corresponde al centro y este de la región occidental, y al norte de la región oriental. Esta área incluye los departamentos de Alto Paraguay y Pdte. Hayes de la región occidental del país. Además incluye a los departamentos de Concepción. Amambay, San Pedro, parte de Caaguazú y Canindeyú, todos de la región oriental.

El área III, afecta al centro y sur de la región oriental, incluyendo principalmente los departamentos de Central, Paraguari, Caazapá, Guairá, Ñeembucu; Misiones e Itapúa.

El área IV, toca el extremo este de la región oriental incluyendo el departamento de Alto Paraná. El área IV, se consideró debido al interés particular de los sectores de la salud y agricultura en la región del Alto Paraná. Estas áreas cubren la totalidad del Paraguay, excepto alguna parte del país, donde sólo pequeñas áreas pertenecen a otras celdas, en este caso se consideró como perteneciente a las celdas más cercanas.

Las cuatro áreas o regiones obtenida del SCENGEN que cubren el Paraguay en casi su totalidad, se pueden ver en la figura 4.

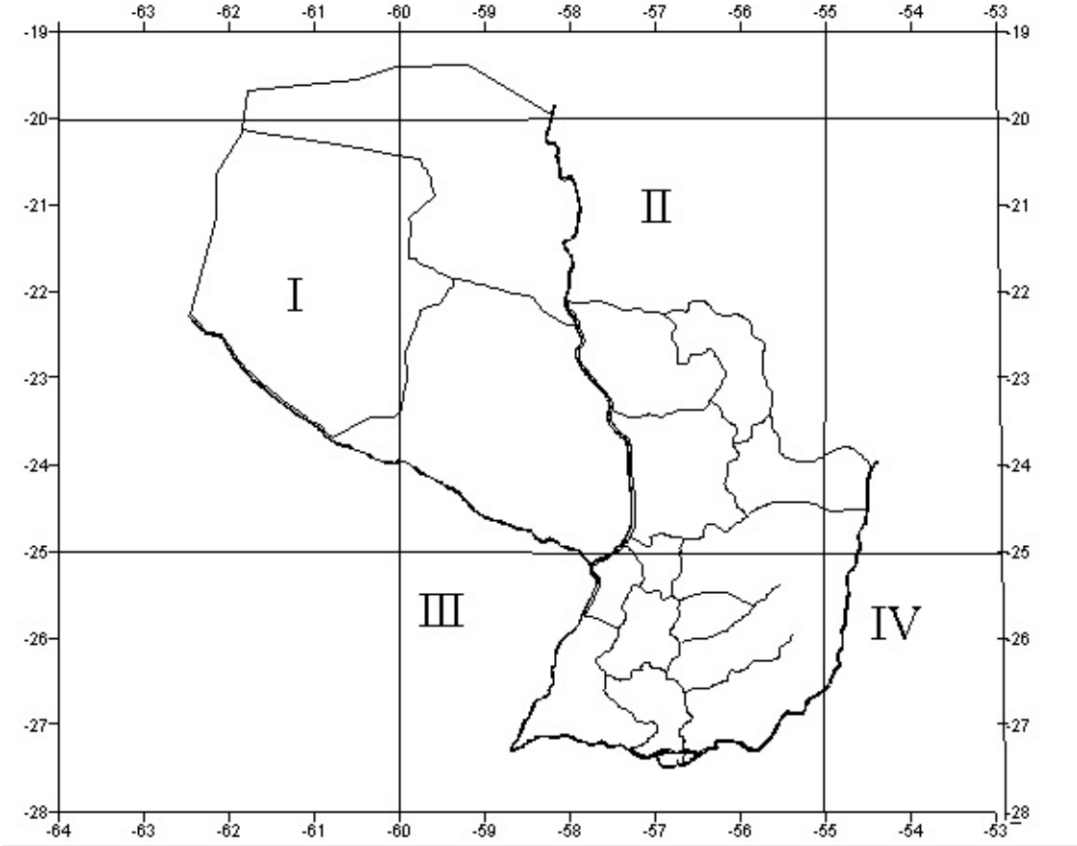


Figura 4: Áreas o regiones del SCENGEN que cubren el territorio Paraguayo

Para las cuatro áreas, se han seleccionados un total de 9 estaciones meteorológicas y/o climatológicas, atendiendo a la homogeneidad del comportamiento climático, a la extensión y continuidad de la información. La lista de las estaciones climatológicas consideradas en el presente estudio se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4: Estaciones climatológicas utilizadas en el estudio

ÁREA	ESTACIONES	LATITUD (SUR)	LONGITUD (OESTE)	ELEVACIÓN (m)
I	Mcal. Estigarribia (86068)	22° 02'	60° 37'	165
II	Puerto Casado (86086)	22° 17'	57° 56'	80
II	Concepción (86134)	23° 26'	57° 26'	70
III	Asunción (86218)	25° 15'	57° 31'	101
III	Villarrica (86233)	25° 46'	56° 26'	161
III	Pilar (86255)	26° 51'	58° 19'	56
III	San Juan Bautista (86260)	26° 40'	57° 09'	126
III	Encarnación (86297)	27° 20'	55° 50'	91
IV	Ciudad del Este (86248)	25° 32'	54° 36'	196

3.5 SELECCIÓN DE LOS ESCENARIOS DE EMISIONES DE GEI

Un escenario climático, es una estimación de cambios en el clima, el cuál es construido a partir de métodos que se basan en principios científicos y son usados para proporcionar un entendimiento de las respuestas de los sistemas ambientales y sociales al cambio climático futuro (Viner y Hulme, 1996).

Los escenarios de cambio climático deben recoger las incertidumbres asociadas a los escenarios de emisión y a los MCG. Es por ello que para la simulación del clima del Paraguay, se utilizó el método de representatividad, por lo que es necesario diseñar un conjunto de escenarios de emisión asociados a los MCG. Como ejemplo, del criterio de representatividad se presenta la figura 5, donde se pueden ver las proyecciones de las temperaturas y precipitaciones para el año 2050 utilizando el escenario de emisión IS92a para Paraguay.

Los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), escogidos para Paraguay para la realización de las estimaciones de cambio de temperatura media y precipitación teniendo en cuenta el criterio de representatividad son: los escenarios IS92c, IS92a y el IS92e (Limia, M., 2000). Los mismos escenarios se escogieron atendiendo a que los escenarios de emisión IS92c e IS92e, producen los valores extremos de las emisiones futuras y, el escenario de emisión IS92a es un escenario de emisiones medio, que se ha utilizado en otros estudios y, permite la comparación de los resultados obtenidos. Es necesario destacar, que los escenarios considerados para el presente estudio, se generaron con las emisiones de aerosoles de sulfato constante al nivel de 1990.

La Tabla 5, muestra las concentraciones del CO₂, CH₄ y del N₂O para los periodos de 30 años centrados en los años 2010, 2030, 2050 y 2100 considerados como horizontes de tiempo en el presente estudio sobre el futuro clima del Paraguay. En la tabla 5, se puede ver el rango de las concentraciones futuras de CO₂, CH₄ y del N₂O para los escenarios IS92c, Is92a e IS92e.

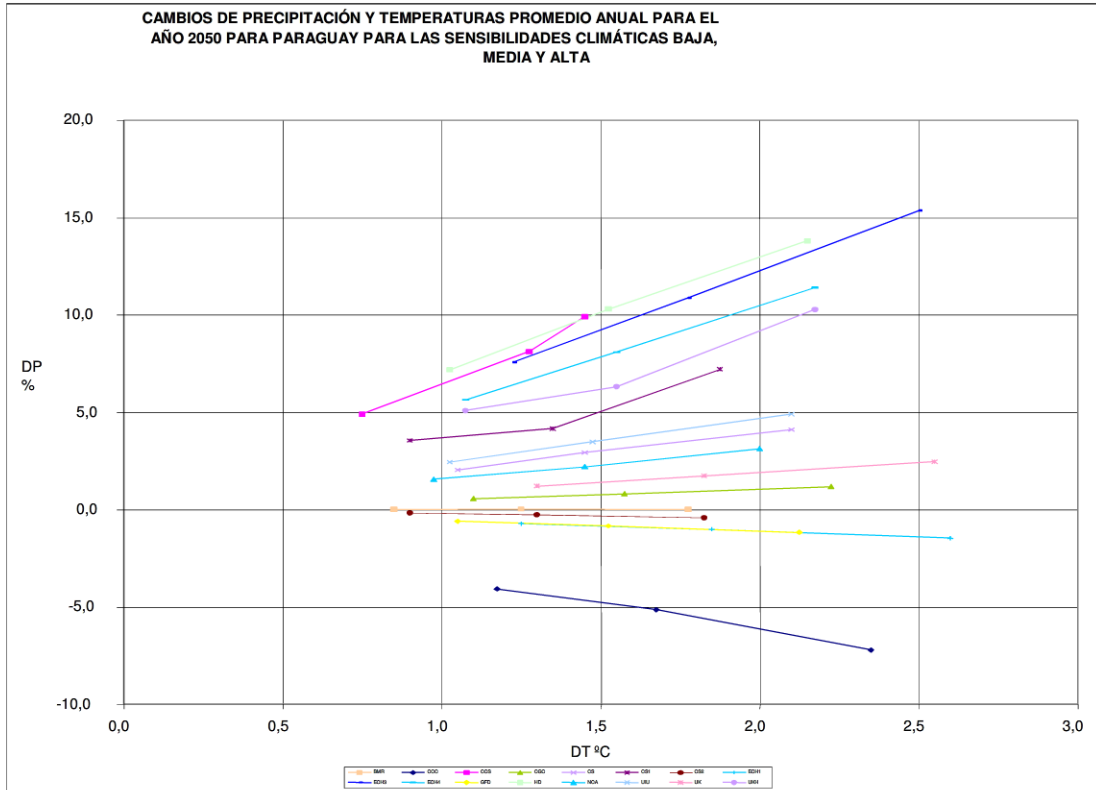


Figura 5: Cambios de temperaturas y precipitación anual de las cuatro regiones del Paraguay para los MCG del SCENGEN para el escenario IS92a del año 2050

Tabla 5: Concentraciones medias de los principales GEI para el periodo de 30 años centrados en el 2010, 2030, 2050 y 2100

Escenario de emisión	Emisiones por gases	AÑOS			
		2010	2030	2050	2100
IS92c	CO2 (ppmv)	386	420.8	447.1	471.2
	CH4 (ppbv)	1881.9	2070.9	2188.1	2032.1
	N2O (ppbv)	325	343.7	360.9	386.5
IS92a	CO2 (ppmv)	393.4	447.8	509.7	705.6
	CH4 (ppbv)	1964.9	2314.5	2730.6	3450.1
	N2O (ppbv)	325.8	347.1	368.6	413.1
IS92e	CO2 (ppmv)	398.7	469.9	561.8	949
	CH4 (ppbv)	2003.5	2429	2939.5	4097.3
	N2O (ppbv)	326.3	349.1	373.4	429.2

4. RESULTADOS DE LOS ESCENARIOS CLIMÁTICOS PARA PARAGUAY

En esta sección se presentan los resultados de las simulaciones del clima aplicadas al territorio Paraguayo. Estos resultados son las variaciones de las principales características del clima (temperatura y precipitación), para los escenarios de emisiones de GEI: IS92c con el modelo UKTR, escenario IS92a con el modelo HadCM2 y el escenario IS92e con el modelo CCC-EQ. En las cuatro regiones o áreas seleccionadas para Paraguay se han generados los posibles cambios en la temperatura y precipitación ejecutados con el SCENGEN.

Como ejemplo en las tablas 6.1; 6.2; y 6.3, se presentan los datos de la variación anual de la temperatura y la precipitación para el próximo siglo, con respecto al periodo de referencia 1961-1990. Las variaciones están referidas a los horizontes de tiempo (2010, 2030, 2050 y 2100) y para las cuatro regiones que cubren el Paraguay.

Tabla 6.1: Variación anual de la temperatura y la precipitación para el próximo siglo referidos en Paraguay para el escenario IS92c de emisión de GEI

Escenario IS92c Modelo UKTR-UK				
a) Proyección de temperatura en °C				
Horizonte de tiempo	Región			
	I	II	III	IV
2010	0.4	0.4	0.4	0.4
2030	0.7	0.7	0.7	0.7
2050	0.9	0.9	1.0	0.9
2100	1.2	1.2	1.3	1.2
b) Proyección de precipitación en %				
Horizonte de tiempo	Región			
	I	II	III	IV
2010	1.1	0.3	-0.1	0.1
2030	1.9	0.5	-0.1	0.2
2050	2.6	0.7	-0.2	0.3
2100	3.4	0.9	-0.2	0.4

Tabla 6.2: Variación anual de la temperatura y la precipitación para el próximo siglo en Paraguay para el escenario IS92a de emisión de GEI

Escenario IS92a Modelo HadCM2				
a) Proyección de temperatura en °C				
Horizonte de tiempo	Región			
	I	II	III	IV
2010	0.6	0.6	0.5	0.5
2030	1.2	1.1	0.9	0.9
2050	1.8	1.6	1.4	1.3
2100	3.3	3.0	2.5	2.5
b) Proyección de precipitación en %				
Horizonte de tiempo	Región			
	I	II	III	IV
2010	2.9	4.1	3.0	4.0
2030	5.6	7.9	5.8	7.6
2050	8.6	12	8.9	11.7
2100	15.8	22	16.2	21.4

Tabla 6.3: Variación anual de la temperatura y la precipitación para el próximo siglo en Paraguay para el escenario IS92e de emisión de GEI

Escenario IS92e Modelo CCC-EQ				
a) Proyección de temperatura en °C				
Horizonte de tiempo	Región			
	I	II	III	IV
2010	0.7	0.9	0.9	0.8
2030	1.5	1.8	1.8	1.7
2050	2.4	3.0	3.0	2.7
2100	5.1	6.2	6.2	5.7
b) Proyección de precipitación en %				
Horizonte de tiempo	Región			
	I	II	III	IV
2010	-2.4	-4.9	-1.6	-1.2
2030	-4.9	-10.1	-3.4	-2.5
2050	-7.9	-16.4	-5.5	-4.0
2100	-16.6	-34.2	-11.5	-8.3

4.1 ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE LA TEMPERATURA

La información sobre la proyección de la temperatura son presentada en las partes a, de las Tablas N° 6.1; 6.2 y 6.3. Se puede ver que en el escenario IS92c, la temperatura media anual tiende a aumentar gradualmente sobre el promedio de 1961-1990 para las cuatro regiones que cubren el Paraguay. El aumento de la temperatura va desde 0.4 °C en el año 2010 hasta 1.3 °C en el año 2100 en la región III.

En el escenario IS92a, en todo el territorio paraguayo se observa un incremento de la temperatura media anual con valores que varía desde 0.6 °C en el año 2010 (región I y II) hasta 3.3 °C para el 2100 en la región I.

El escenario IS92e, presenta para todas las regiones del Paraguay una temperatura media anual con aumento considerable, con valores que varía desde 0.7 °C (región I) en el año 2010 hasta 6.2 °C en el año 2100 para las regiones II y III.

Integrando los escenarios de emisiones a lo largo de los horizontes de tiempo definidos para el estudio, se puede ver más claramente las tendencias de las temperaturas medias anuales. Como ejemplo las figuras N° 6.a y 6.b, muestran las variaciones de la temperatura media anual bajo los tres escenarios de emisiones de GEI, para la región II y III del Paraguay.

Las proyecciones de las temperaturas medias mensuales y anuales, para las estaciones climatológicas del Paraguay, fueron calculados para los diferentes horizonte del tiempo para el próximo siglo y se pueden ver en el Anexo 1.

4.2 ANÁLISIS DE LA PROYECCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones anuales son presentadas en las partes b de las Tablas 6.1; 6.2 y 6.3, para los diferentes escenarios de emisiones de GEI de los tres modelos considerados en el presente estudio. A continuación se analizan cada uno de los escenarios climáticos:

El escenario IS92c presenta un incremento de la precipitación anual en las regiones I, II y IV. En la región I, la precipitación tendrá un incremento del 1.1 % para el año 2010; 1.9 % en 2030; 2.6 % en 2050 y 3.4 % para el año 2100.

La región II, tendrá un ligero aumento de la precipitación anual de 0.3 % para el año 2010; 0.5 % en 2030; 0.7 % en 2050 y 0.9 % para el año 2100. En la región IV se nota un gradual incremento de la precipitación anual con valores que va de 0.1 % para el 2010; 0.2 % en 2030; 0.3 % en 2050 y 0.4 % para el año 2100.

Por su parte en la región III del territorio paraguayo, se tendrá una leve disminución de la precipitación anual con respecto a los valores de referencia. Los valores de disminución son de -0.1 % para el año 2010; -0.1 % en 2030; -0.2 % en 2050 y -0.2 % para el año 2100.

Las proyecciones anuales de la precipitación en el escenario IS92a, muestra un aumento considerable para las cuatro regiones que divide el territorio paraguayo. Los valores de la Tabla 6.1 indican que para la región I, la precipitación anual tendrá un incremento del 2.9 % para el año 2010; 5.6 % en 2030; 8.6 % en 2050 y 15.8 % para el año 2100.

Por su parte en la región II, la precipitación tendrá un incremento que va desde 4.1 % en 2010; 7.9 % en 2030; 12 % en 2050 y 22 % para el año 2100. La región III presentará un incremento que va desde 3 % en 2010; 5.8 % en 2030; 8.9 % en 2050 y 16.2 % en el año 2100. A su vez, la región IV tendrá un aumento de la precipitación anual que va desde 4 % para el año 2010; 7.6 % en 2030, 11.7 % en 2050 y 21.4 % en el 2100. Se destacan las regiones II, III y IV por presentar el mayor porcentaje de aumento de la precipitación para el próximo siglo en el escenario IS92a. La región II podrá alcanzar un incremento de hasta el 22 % en el año 2100.

En el escenario IS92e, se presenta una disminución de la precipitación en todas las regiones del Paraguay, el año de menor precipitación para Paraguay será el año 2100.

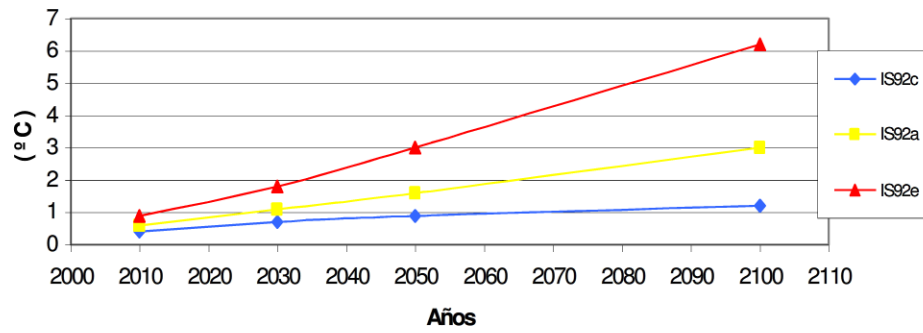
Los resultados indican que en la región I, la precipitación anual variará de -2.4 % en 2010; -4.9 % en 2030; -7.9 % en 2050 y -16.6 % para el año 2100.

La región II, presentará una variación de -4.9 % en 2010; -10.1 % en 2030; -16.4 5 en 2050 y -34.2 % para el año 2100 con respecto al año de referencia. La región III, presentará una reducción anual de precipitación que va de -1.6 % en 2010; -3.4 % en 2030; -5.5 % en 2050 y -11.5 % para el año 2100. La región IV muestra la misma tendencia decreciente con valores que va de -1.2 % para el año 2010; -2.5 % en 2030; -4.0 % en 2050 y -8.3 % para el año 2100. Resalta en este escenario la región II con la menor precipitación anual que será el año 2100, con un total anual de -34.2 % respecto al año de referencia 1961-1990.

Integrando los escenarios de emisiones a lo largo de los cuatro horizontes de tiempo definidos, se puede ver más claramente las tendencias de las precipitaciones totales anuales. Como ejemplo las figuras N° 7.a y 7.b, muestran las variaciones de la precipitación total anual bajo los tres escenarios de emisiones de GEI, para la región II y III del Paraguay.

Las proyecciones de las precipitaciones mensuales y anuales, para las estaciones climatológicas del Paraguay, fueron calculadas para los diferentes horizonte del tiempo para el próximo siglo y se pueden ver en el Anexo 2.

a) Región II



b) Región III

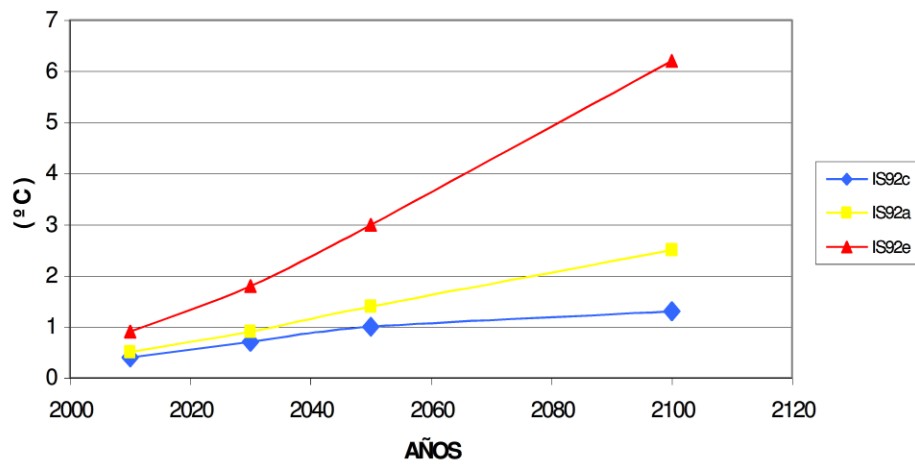
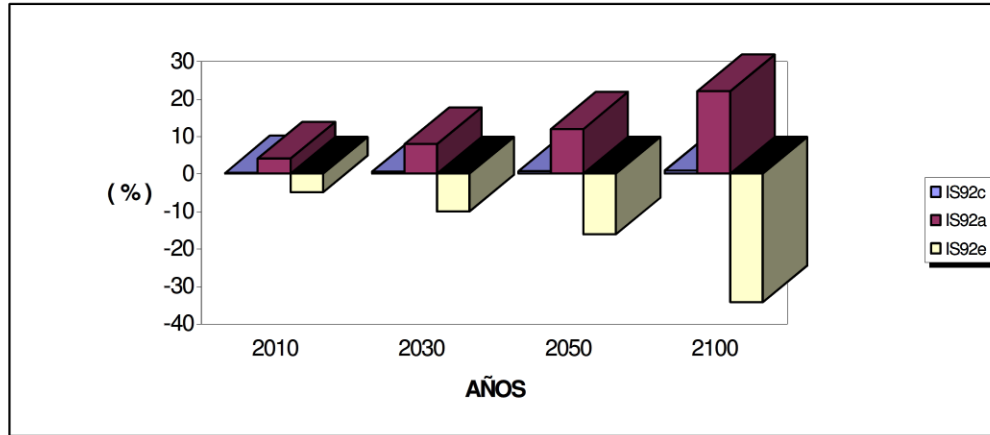


Fig. 6: Varación temporal de la temperatura media anual del Paraguay para: a) región II y b) región III

a) Región II



b) Región III

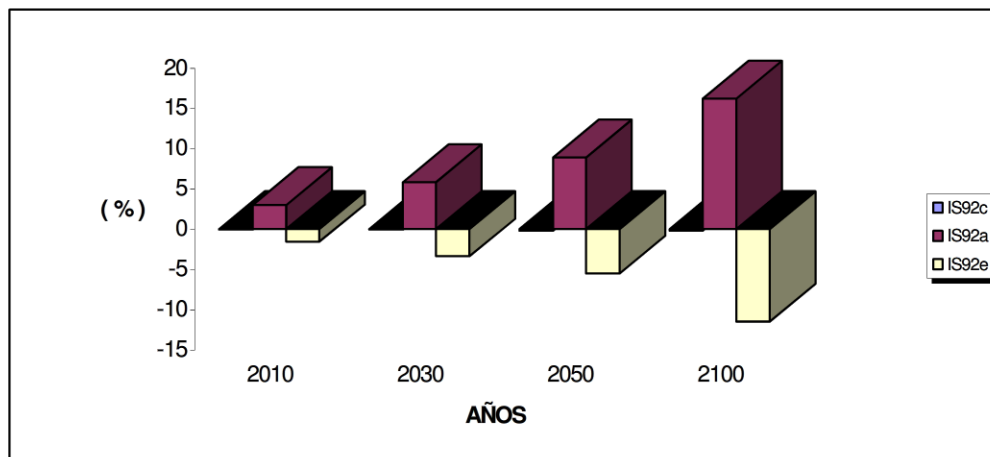


Fig. 7: Varación temporal de la precipitación anual del Paraguay para: a) región II y b) región III

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 INTRODUCCIÓN

Los resultados presentados en este estudio, servirán de manera objetiva para la toma de decisiones en cuanto al futuro clima de Paraguay, porque nos ayudará, a tomar políticas para poder mitigar los posibles efectos del calentamiento de nuestro planeta, por lo tanto, es una herramienta que se debe tener en cuenta en la planificación y formulación de estrategias de desarrollo nacional a diferentes plazos de tiempo. A continuación se presentan las principales conclusiones y recomendaciones.

5.2 CONCLUSIONES

Pese al corto tiempo para la realización del presente estudio sobre la problemática del Cambio Climático, se ha podido abordar en forma minuciosa, los aspectos más resaltantes sobre el comportamiento climático para el próximo siglo en Paraguay. En primer lugar, con la ayuda del programa MAGII/SCENGEN, se analizaron las emisiones globales de los gases de efecto invernadero para los escenarios del IPCC (IS92c, IS92d e IS92a). Seguidamente, se determinó la temperatura media global del planeta en los diversos escenarios de emisión y, finalmente se determinó las variaciones temporales de las temperaturas medias y las precipitaciones, para el período que va del año 2010 al año 2100 en las diferentes regiones definidas en el presente estudio. Algunas de las conclusiones más importantes de este estudio son:

- a. La mayor incertidumbre que nos presenta el programa SCENGEN, es la resolución espacial; el mismo considera como promedio un solo valor en un área de 5° de latitud por 5 ° de longitud.
- b. La temperatura media anual tendría aumentos en todas las regiones de Paraguay, según los escenarios IS92c, IS92a e IS92e.
- c. El escenario IS92c presenta para Paraguay, una temperatura media de 0.4 °C para el año 2010; una temperatura de 0.7 °C para el año 2050; una variación de 0.9 °C a 1 °C para el año 2050 y, una variación de 1.2 °C a 1.3 °C para el año 2100
- d. En el escenario IS92a, para el año 2010 la temperatura media anual tendría un crecimiento de 0.5 °C a 0.6 °C; para el año 2030 de 0.9 °C a 1.2 °C; para el año 2050 de 1.3 °C a 1.8 °C y, para el año 2100 de 2.5 °C a 3.3 °C.
- e. En el escenario IS92e, la temperatura media anual tendría incrementos de 0.7 °C a 0.9 °C para el año 2010; de 1.5 °C a 1.8 °C para el año 2030; de 2.4 °C a 3 °C para el año 2050 y, de 5.1 °C a 6.2 °C para el año 2100.
- f. La precipitación anual, experimentaría crecimientos y disminuciones en Paraguay para el próximo siglo, según los escenarios de emisiones y regiones del país.

- g. El escenario IS92c, presenta aumentos de la precipitación anual en las regiones I, II y IV del 2010 al 2100. La región I tendrá incrementos de 1.1 % a 3.4 %; la región de II de 0.3 % a 0.9 % y región IV de 0.1 % a 0.4 %. En cambio la región III, experimentaría disminución de la precipitación de 0.1 % a 0.2 % en el período de 2010 al 2100.
- h. En el escenario IS92a, la precipitación anual tendría en todas las regiones un incrementos de 2.9 % a 4.1 % para el año 2010; de 5.6 % a 7.9 % para el año 2030; de 8.6 % a 12 % para el año 2050 y, de 15.8 % a 22 % para el año 2100.
- i. En el escenario IS92e, las precipitaciones anuales sufrirán una disminución en todas las regiones del Paraguay. En el año 2010 la precipitación tendrá una variación de -1.2 % a -4.9 %; de -2.5 % a -10.1 % para el año 2030; de -4.0 % a -16.4 % para el año 2050 y, de -8.3 % a -34.2 % para el año 2100.

5.3 RECOMENDACIONES

La utilización del programa MAGICC/SCENGEN presenta incertidumbres, adicionadas a las incertidumbres que en la actualidad existe alrededor del tema de cambio climático. La aplicación de los resultados de los escenarios climáticos para los estudios de impacto o de otra índole, debe tener en cuenta estas incertidumbres. Además, existen otros problemas ambientales que impacta en la variabilidad climática, que es necesario tener en cuenta. Más en la actualidad, no se dispone de otra herramienta que permita disminuir las incertidumbres.

El cambio climático es una realidad y sus impactos ya han afectado a Paraguay, por lo tanto para comprender mejor sobre la problemática del cambio climático, se sugiere continuar con investigaciones similares en el futuro, de modo de ir conociendo mejor el problema. Se espera que los resultados obtenidos en el presente estudio, contribuyan de alguna manera para los diferentes sectores productivos del país. Algunas sugerencias a ser consideradas son los siguientes:

- a. Crear escenarios climáticos a nivel estacional en las diferentes regiones del Paraguay.
- b. Producir escenarios climáticos en los períodos secos y húmedos de Paraguay.
- c. Desarrollar escenarios de la variaciones climáticas a nivel espacial.
- d. Establecer escenarios climáticos de interes para el sector energético.
- e. Comparar los patrones climatológicos para los diversos escenarios y horizontes de tiempo.

6. BILIOGRAFÍA

Benioff, R., S. Guill and Lee J., eds., 1996: Vulnerability and adaptation assessments: An international Handbook. Dordrecht, The Netherlands Kluwer Academic Publishers, 320pp.

CAMBIO CLIMÁTICO 1995: Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC-Segunda Evaluación. 71pp.

Carter, T., E. Holopainen y Kannien M., 1993: Techniques for developing regional climatic scenarios for Finland. Publications of the Academy of Finland 2/93, Painatuskeskus, Helsinki, 63pp.

DOCUMENTO TÉCNICO I DEL IPCC, 1996: Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. 87pp.

DOCUMENTO TÉCNICO II DEL IPCC, 1997: Introducción a los modelos climáticos simples utilizados en el segundo informe del IPCC. 51pp.

Hulme M. 1996: Climate Change and Southern Africa: an exploration of some potential impacts and implications in the SADC region. Breckland Print Limited, Norfolk, UK. 104pp.

Leggett J., W. J. Pepper and Swart R. J. , 1992: Emission scenarios for the IPCC: an update. Pp79-75, in, Climate Change 1992: The supplementary report to the IPCC scientific Assessment [Houghton, J.T., B. A. Callender, and S.K. Varney, (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 200pp.

Limia, M., 2000: Construcción de escenarios de cambio climático para Paraguay. DOA/SSERNMA-MAG.

Parry, M. y Carter T., 1998: Climate impact and adaptation assessment. A guide to the IPCC approach. Earthscan Publication, London, 166pp.

Smith J. and Hulme M., 1998: Climate change scenarios. In Handbook on methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. Versión 2.0 (eds) J. F. Feenstra, I. Burton, J.B. Smith and R. Tol, United Nations Environmental Programme, Institute for Environmental Strategies.

Vinner D. and Hulme M., 1992: Climate change scenarios for impact studies in U.K. Climatic Research Unit, UEA, UK.

Vinner D. and Hulme M., 1992: Construction of climate change scenarios by linking GCM and STUGE output. Technical Note No. 2, Climate Impacts LINK Project, Climate Research Unit, University of East Anglia, 20pp.

Wigley, T.M.L., 1999: The science of climate change: global and US perspectives. Pew Center on Global Climate Change, Arlington VA, USA, 48pp.

ANEXO 1

Temperatura simulada para el año 2010 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	27,9	27,3	26,3	23,2	20,2	18	18,4	19,1	20,9	23,6	25,2	26,9	23,1
86233	26,9	26,4	25,2	22,2	19,3	17,2	17,5	18,7	20,1	22,7	24,5	26,3	22,2
86297	25,9	25,3	23,8	20,4	17,7	15,6	16	17,1	18,5	21	23	25,2	20,8
86255	28	27,3	25,7	22,4	19,6	16,8	17	18	19,8	22,9	25	27,2	22,5
86260	26,4	25,9	24,2	21,4	18,4	157,4	16,5	17,4	19	21,8	23,6	25,8	21,4
86068	29,1	28,4	27,3	24,4	21,7	19,3	19,7	21,8	24	27	28	28,7	24,9
86134	27,9	27,6	26,5	23,9	20,8	19	19,2	20,5	22,2	25	26,3	27,5	23,9
86086	28,5	28,2	27,2	25	22,3	20,4	20,4	21,9	23,7	26,1	27,3	28,2	24,9
86248	26,4	26,2	25	21,9	18,8	16,7	16,9	18,1	19,7	22,5	24,4	25,9	21,9

Temperatura simulada para el año 2030 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	28,1	27,7	26,6	23,6	20,5	18,4	18,8	19,4	21,3	23,9	25,4	27,1	23,4
86233	27,1	26,8	25,5	22,6	19,6	17,6	17,9	19	20,5	23	24,7	26,5	22,5
86297	26,1	25,7	24,1	20,8	18	16	16,4	17,4	18,9	21,3	23,2	25,4	21,1
86255	28,2	27,7	26	22,8	19,9	17,2	17,4	18,3	20,2	23,2	25,2	27,4	22,8
86260	26,6	26,3	24,5	21,8	18,7	157,8	16,9	17,7	19,4	22,1	23,8	26	21,7
86068	29,3	28,7	27,6	24,7	22	19,6	20,1	22,2	24,3	27,4	28,2	28,9	25,2
86134	28,1	27,9	26,8	24,2	21,1	19,3	19,5	20,8	22,5	25,3	26,5	27,7	24,2
86086	28,7	28,5	27,5	25,3	22,6	20,7	20,7	22,2	24	26,4	27,5	28,4	25,2
86248	26,7	26,5	25,2	22,3	19,2	17,1	17,3	18,4	20,1	22,8	24,6	26,1	22,2

Temperatura simulada para el año 2050 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	28,4	27,9	26,8	23,8	20,8	18,6	19,1	19,7	21,5	24,1	25,6	27,3	23,7
86233	27,4	27	25,7	22,8	19,9	17,8	18,2	19,3	20,7	23,2	24,9	26,7	22,8
86297	26,4	25,9	24,3	21	18,3	16,2	16,7	17,7	19,1	21,5	23,4	25,6	21,4
86255	28,5	27,9	26,2	23	20,2	17,4	17,7	18,6	20,4	23,4	25,4	27,6	23,1
86260	26,9	26,5	24,7	22	19	158	17,2	18	19,6	22,3	24	26,2	22
86068	29,6	28,9	27,8	24,9	22,3	19,9	20,3	22,5	24,6	27,6	28,4	29,1	25,4
86134	28,3	28,1	27	24,4	21,4	19,6	19,8	21,1	22,7	25,6	26,7	27,9	24,4
86086	28,9	28,7	27,7	25,5	22,9	21	21	22,5	24,2	26,7	27,7	28,6	25,4
86248	26,9	26,7	25,4	22,5	19,4	17,3	17,6	18,7	20,3	23	24,7	26,3	22,4

Temperatura simulada para el año 2100 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	28,6	28,2	27,1	24,1	21,1	18,9	19,4	20	21,8	24,4	25,8	27,6	24
86233	27,4	27	25,7	22,8	19,9	17,8	18,2	19,3	20,7	23,2	24,9	26,7	22,8
86297	26,4	25,9	24,3	21	18,3	16,2	16,7	17,7	19,1	21,5	23,4	25,6	21,4
86255	28,5	27,9	26,2	23	20,2	17,4	17,7	18,6	20,4	23,4	25,4	27,6	23,1
86260	26,9	26,5	24,7	22	19	158	17,2	18	19,6	22,3	24	26,2	22
86068	29,8	29,2	28,1	25,2	22,6	20,2	20,6	22,8	24,9	27,9	28,6	29,3	25,7
86134	28,5	28,3	27,2	24,7	21,8	19,9	20,1	21,4	23	26	26,9	28,1	24,7
86086	29,1	28,9	27,9	25,8	23,3	21,3	21,3	22,8	24,5	27,1	27,9	28,8	25,7
86248	27,1	27	25,6	22,8	19,7	17,6	17,9	19	20,6	23,3	24,9	26,5	22,7

Temperatura simulada para el año 2010 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a
y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	28	27,5	26,5	23,4	20,2	18	18,3	19	20,9	23,6	25,3	26,9	23,2
86233	27	26,6	25,4	22,4	19,3	17,2	17,4	18,6	20,1	22,7	24,6	26,3	22,3
86297	26	25,5	24	20,6	17,7	15,6	15,9	17	18,5	21	23,1	25,2	20,9
86255	28,1	27,5	25,9	22,6	19,6	16,8	16,9	17,9	19,8	22,9	25,1	27,2	22,6
86260	26,5	26,1	24,4	21,6	18,4	16,1	16,4	17,3	19	21,8	23,7	25,8	21,5
86068	29,4	28,7	27,7	24,8	21,9	19,4	19,8	21,9	24,1	27,1	28,3	29,1	25,1
86134	28,2	28	27	24,3	20,9	19	19,1	20,6	22,3	24,9	26,5	27,7	24,1
86086	28,8	28,6	27,7	25,4	22,4	20,4	20,3	22	23,8	26	27,5	28,4	25,1
86248	26,6	26,3	25,3	22,1	18,8	16,7	16,8	18	19,7	22,5	24,5	26	22

Temperatura simulada para el año 2030 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a
y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	28,5	28	27,1	24	20,5	18,4	18,6	19,5	21,3	24	25,7	27,3	23,6
86233	27,5	27,1	26	23	19,6	17,6	17,7	19,1	20,5	23,1	25	26,7	22,7
86297	26,5	26	24,6	21,2	18	16	16,2	17,5	18,9	21,4	23,5	25,6	21,3
86255	28,6	28	26,5	23,2	19,9	17,2	17,2	18,4	20,2	23,3	25,5	27,6	23
86260	27	26,6	25	22,2	18,7	16,5	16,7	17,8	19,4	22,2	24,1	26,2	21,9
86068	30	29,3	28,3	25,4	22,4	19,9	20,2	22,4	24,6	27,6	28,9	29,7	25,7
86134	28,8	28,6	27,7	25	21,3	19,4	19,5	21,1	22,8	25,3	26,9	28,2	24,6
86086	29,4	29,2	28,4	26,1	22,8	20,8	20,7	22,5	24,3	26,4	27,9	28,9	25,6
86248	27	26,8	25,8	22,7	19,2	17,2	17,2	18,5	20,1	22,8	24,8	26,4	22,4

Temperatura simulada para el año 2050 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a
y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	29,1	28,6	27,8	24,6	20,8	18,7	18,9	19,9	21,8	24,4	26,1	27,7	24,1
86233	28,1	27,7	26,7	23,6	19,9	17,9	18,0	19,5	21,0	23,5	25,4	27,1	23,2
86297	27,1	26,6	25,3	21,8	18,3	16,3	16,5	17,9	19,4	21,8	23,9	26,0	21,8
86255	29,2	28,6	27,2	23,8	20,2	17,5	17,5	18,8	20,7	23,7	25,9	28,0	23,5
86260	27,6	27,2	25,7	22,8	19,0	16,8	17,0	18,2	19,9	22,6	24,5	26,6	22,4
86068	30,7	30,0	29,1	26,2	23,0	20,4	20,7	23,0	25,1	28,1	29,5	30,4	26,3
86134	29,4	29,3	28,4	25,8	21,9	19,9	20,0	21,6	23,3	25,8	27,3	28,7	25,1
86086	30,0	29,9	29,1	26,9	23,4	21,3	21,2	23,0	24,8	26,9	28,3	29,4	26,1
86248	27,5	27,4	26,4	23,3	19,6	17,6	17,6	18,9	20,6	23,2	25,2	26,7	22,8

Temperatura simulada para el año 2100 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a
y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	30,4	30,1	29,3	26,2	21,7	19,7	19,8	21	22,9	25,5	27,1	28,7	25,2
86233	29,4	29,2	28,2	25,2	20,8	18,9	18,9	20,6	22,1	24,6	26,4	28,1	24,3
86297	28,4	28,1	26,8	23,4	19,2	17,3	17,4	19	20,5	22,9	24,9	27	22,9
86255	30,5	30,1	28,7	25,4	21,1	18,5	18,4	19,9	21,8	24,8	26,9	29	24,6
86260	28,9	28,7	27,2	24,4	19,9	17,8	17,9	19,3	21	23,7	25,5	27,6	23,5
86068	32,3	31,7	30,9	28	24,4	21,7	21,9	24,5	26,3	29,4	31	32	27,8
86134	30,9	30,9	30,3	27,8	23,3	21	21	23	24,5	26,8	28,5	29,9	26,5
86086	31,5	31,5	31	28,9	24,8	22,4	22,2	24,4	26	27,9	29,5	30,6	27,5
86248	28,6	28,7	27,9	24,8	20,6	18,7	18,6	20	21,7	24,1	26,1	27,7	24

Temperatura simulada para el año 2010 según modelo CCCEQ, en un escenario de emisiones IS92e y sensibilidad climática 4.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	28,3	27,6	26,9	23,6	20,7	18,3	18,8	19,5	21,6	24,3	25,6	27,3	23,6
86233	27,3	26,7	25,8	22,6	19,8	17,5	17,9	19,1	20,8	23,4	24,9	26,7	22,7
86297	26,3	25,6	24,4	20,8	18,2	15,9	16,4	17,5	19,2	21,7	23,4	25,6	21,3
86255	28,4	27,6	26,3	22,8	20,1	17,1	17,4	18,4	20,5	23,6	25,4	27,6	23,0
86260	26,8	26,2	24,8	21,8	18,9	16,4	16,9	17,8	19,7	22,5	24,0	26,2	21,9
86068	29,3	28,7	27,7	24,6	22,1	19,5	20,0	21,9	24,4	27,6	28,4	29,0	25,2
86134	28,4	28,1	27,1	24,3	21,2	19,3	19,5	20,9	22,8	25,8	26,9	27,9	24,4
86086	29,0	28,7	27,8	25,4	22,7	20,7	20,7	22,3	24,3	26,9	27,9	28,6	25,4
86248	26,7	26,5	25,5	22,3	19,2	17,0	17,2	18,5	20,3	23,2	24,9	26,2	22,3

Temperatura simulada para el año 2030 según modelo CCCEQ, en un escenario de emisiones IS92e y sensibilidad climática 4.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	29,1	28,4	27,9	24,5	21,7	19,1	19,8	20,6	22,8	25,5	26,4	28,1	24,5
86233	28,1	27,5	26,8	23,5	20,8	18,3	18,9	20,2	22,0	24,6	25,7	27,5	23,6
86297	27,1	26,4	25,4	21,7	19,2	16,7	17,4	18,6	20,4	22,9	24,2	26,4	22,2
86255	29,2	28,4	27,3	23,7	21,1	17,9	18,4	19,5	21,7	24,8	26,2	28,4	23,9
86260	27,6	27,0	25,8	22,7	19,9	17,2	17,9	18,9	20,9	23,7	24,8	27,0	22,8
86068	30,0	29,4	28,5	25,4	22,8	20,2	20,7	22,7	25,3	28,7	29,1	29,6	26,0
86134	29,3	29,0	28,0	25,1	22,2	20,1	20,4	21,9	24,0	27,1	27,9	28,7	25,3
86086	29,9	29,6	28,7	26,2	23,7	21,5	21,6	23,3	25,5	28,2	28,9	29,4	26,3
86248	27,5	27,3	26,3	23,0	20,0	17,8	18,1	19,4	21,3	24,4	25,7	27,0	23,2

Temperatura simulada para el año 2050 según modelo CCCEQ, en un escenario de emisiones IS92e y sensibilidad climática 4.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	30,1	29,3	29,1	25,6	22,8	20	20,9	21,8	24,2	27	27,3	29,1	25,7
86233	29,1	28,4	28	24,6	21,9	19,2	20	21,4	23,4	26,1	26,6	28,5	24,8
86297	28,1	27,3	26,6	22,8	20,3	17,6	18,5	19,8	21,8	24,4	25,1	27,4	23,4
86255	30,2	29,3	28,5	24,8	22,2	18,8	19,5	20,7	23,1	26,3	27,1	29,4	25,1
86260	28,6	27,9	27	23,8	21	18,1	19	20,1	22,3	25,2	25,7	28	24
86068	30,8	30,3	29,5	26,2	23,8	20,9	21,6	23,5	26,4	30	30	30,4	26,9
86134	30,3	30,1	29,2	26,1	23,3	21,1	21,4	23	25,3	28,7	29	29,6	26,5
86086	30,9	30,7	29,9	27,2	24,8	22,5	22,6	24,4	26,8	29,8	30	30,3	27,5
86248	28,3	28,2	27,3	24	21	18,7	19,2	20,5	22,5	25,8	26,7	27,8	24,2

Temperatura simulada para el año 2100 según modelo CCCEQ, en un escenario de emisiones IS92e y sensibilidad climática 4.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	33	32	32,6	28,7	26,1	22,5	24,2	25,2	28,1	31,1	29,8	31,9	28,9
86233	29,1	28,4	28	24,6	21,9	19,2	20	21,4	23,4	26,1	26,6	28,5	24,8
86297	28,1	27,3	26,6	22,8	20,3	17,6	18,5	19,8	21,8	24,4	25,1	27,4	23,4
86255	30,2	29,3	28,5	24,8	22,2	18,8	19,5	20,7	23,1	26,3	27,1	29,4	25,1
86260	28,6	27,9	27	23,8	21	18,1	19	20,1	22,3	25,2	25,7	28	24
86068	33,1	32,8	32,3	28,6	26,5	23,2	24	25,9	29,5	33,7	32,5	32,5	29,6
86134	33,3	33	32,4	28,9	26,6	23,9	24,4	26,3	29,1	33,4	32,3	32,3	29,7
86086	33,9	33,6	33,1	30	28,1	25,3	25,6	27,7	30,6	34,5	33,3	33	30,7
86248	30,7	30,7	30,2	26,7	23,9	21,2	22,3	23,6	26	29,9	29,5	30,2	27,2

ANEXO 2

Precipitación simulada para el año 2010 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	155	120	117	159	109	71	40	72	76	118	153	134	1332
86233	181	122	158	172	130	115	64	97	107	158	172	148	1635
86297	149	158	145	164	143	134	97	109	145	185	162	152	1758
86255	165	140	164	181	94	61	55	44	81	138	157	127	1411
86260	179	163	150	164	122	107	74	78	109	189	180	146	1667
86068	118	100	122	77	37	18	13	20	16	52	86	122	785
86134	156	122	142	121	122	62	38	51	63	124	164	164	1346
86086	143	118	125	105	74	57	25	41	49	111	152	183	1193
86248	177	152	138	144	132	137	88	111	129	179	164	146	1696

Precipitación simulada para el año 2030 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	152	119	119	160	108	71	38	68	75	120	153	135	1332
86233	178	121	160	173	129	114	61	92	105	160	172	149	1635
86297	146	157	148	166	141	133	93	103	142	188	162	154	1758
86255	162	138	167	182	93	61	53	41	79	140	157	129	1411
86260	176	162	152	165	121	106	71	74	107	192	180	148	1667
86068	119	101	123	77	37	18	12	18	16	51	88	124	791
86134	158	122	143	119	120	62	35	47	60	123	165	164	1348
86086	145	118	126	104	73	57	23	38	46	110	153	183	1196
86248	172	151	140	145	131	140	86	108	128	182	164	150	1698

Precipitación simulada para el año 2050 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	150	118	120	161	108	70	37	65	73	121	153	137	1331
86233	175	120	162	175	128	113	59	88	103	162	172	151	1633
86297	144	155	149	167	140	132	90	98	140	190	162	155	1756
86255	160	137	169	184	93	60	51	39	78	141	157	130	1410
86260	173	160	154	166	120	106	69	70	105	194	180	149	1665
86068	119	102	125	77	37	18	12	17	15	51	89	125	796
86134	160	121	144	118	118	62	32	44	58	122	166	165	1351
86086	146	117	127	103	72	57	21	36	44	110	154	183	1198
86248	167	150	141	147	131	143	84	105	127	184	164	154	1699

Precipitación simulada para el año 2100 según modelo UKTR, en un escenario de emisiones IS92c y sensibilidad climática 1.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	148	117	122	163	107	70	36	61	72	123	153	138	1331
86233	173	119	164	176	127	112	57	83	101	164	172	152	1633
86297	142	154	151	168	139	131	86	92	137	192	162	156	1756
86255	158	136	171	185	92	60	49	37	76	143	157	131	1410
86260	170	159	156	168	119	105	66	66	103	197	180	150	1665
86068	120	103	126	77	37	17	11	16	15	50	91	127	803
86134	162	121	145	117	116	62	29	41	55	122	168	165	1354
86086	148	117	128	102	71	57	19	33	42	109	156	184	1200
86248	163	148	143	149	131	146	83	102	126	186	164	158	1701

Precipitación simulada para el año 2010 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	159	122	118	162	115	79	45	78	79	117	158	137	1374
86233	186	124	160	176	136	126	71	106	112	156	179	152	1686
86297	153	160	147	168	150	148	109	118	151	183	167	156	1813
86255	170	141	166	185	99	67	61	47	84	136	163	131	1455
86260	184	165	152	167	128	118	83	85	114	187	186	150	1719
86068	116	98	119	80	40	21	15	22	17	53	84	118	799
86134	152	121	140	127	137	69	47	57	71	129	170	167	1397
86086	139	117	123	110	83	62	31	46	54	116	158	185	1238
86248	184	153	140	148	142	143	98	117	135	182	172	144	1762

Precipitación simulada para el año 2030 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	160	122	122	167	119	85	47	78	80	117	163	142	1411
86233	187	124	164	181	141	136	75	106	113	158	185	157	1732
86297	154	160	151	173	155	159	114	119	153	184	173	161	1862
86255	170	141	171	190	103	72	64	48	85	137	168	135	1495
86260	184	165	156	172	132	127	87	85	115	188	193	155	1765
86068	116	97	119	82	43	23	16	23	18	53	84	117	820
86134	151	120	140	130	148	74	51	59	74	133	178	170	1448
86086	138	116	123	113	90	67	33	47	57	119	165	189	1284
86248	184	152	143	154	150	154	105	119	139	188	180	148	1823

Precipitación simulada para el año 2050 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	160	122	125	173	123	91	50	79	81	118	169	147	1452
86233	188	124	169	187	146	147	79	107	114	159	191	163	1782
86297	154	160	156	179	161	172	120	120	154	186	179	167	1916
86255	171	141	176	197	107	78	68	48	85	138	174	140	1539
86260	185	165	161	178	137	137	92	86	116	190	199	161	1817
86068	115	97	119	84	46	26	17	24	19	53	84	116	843
86134	149	119	140	134	160	81	55	61	77	137	187	173	1503
86086	137	115	123	117	97	73	36	49	59	123	173	192	1332
86248	184	150	147	161	159	165	112	121	143	194	189	152	1892

Precipitación simulada para el año 2100 según modelo HadCM2, en un escenario de emisiones IS92a y sensibilidad climática 2.5° C

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
86218	162	122	134	186	134	107	56	81	83	121	183	160	1550
86233	190	124	181	202	159	172	89	109	117	162	207	176	1902
86297	156	160	167	193	175	202	135	122	158	189	194	181	2045
86255	173	141	189	212	116	92	76	49	88	141	188	152	1642
86260	187	165	172	192	149	161	103	88	119	193	216	174	1939
86068	114	96	118	89	53	32	20	25	20	54	84	113	899
86134	147	115	140	143	189	96	66	65	86	147	208	181	1637
86086	134	111	123	125	115	87	43	52	66	132	193	201	1451
86248	185	147	155	179	182	193	131	127	155	209	210	163	2057

