



INSTITUTO DE HIDROLOGIA,
METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Sede Bogotá
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

CONTRATO

Conservación Internacional - Universidad Nacional de Colombia

“Elaboración de escenarios de cambio climático para la segunda mitad del siglo XXI en diferentes regiones del territorio colombiano y de un informe de evaluación del cambio climático en Colombia que incluya entre otros las tendencias actuales y futuras y los posibles impactos del cambio climático en los sectores socioeconómicos y regiones del país”

INFORME FINAL

1. Introducción

El cambio climático que está ocurriendo y que será más marcado en la medida como avance el siglo XXI impactará de diversa forma los diferentes países del mundo. Dado que los posibles impactos del cambio climático en Colombia podrían ser de gran magnitud y trascendencias ambiental, económica y social, diferentes instituciones (Ministerio del Medio Ambiente, IDEAM, INVEMAR, Ministerio de Salud, INS, entre otros) y grupos de investigación (en la Universidad nacional de Colombia Bogotá y Medellín, CIAT) se han interesado por el tema y han planteado proyectos tendientes a apoyar las medidas mundiales de mitigación y a desarrollar acciones para la adaptación.

A mediados del año 2006, el Gobierno colombiano firmó un acuerdo con el Banco Mundial, en el cual, éste último financia varios componentes del programa de adaptación en el Integrated National Adaptation Pilot (INAP). Entre los componentes está el relacionado con generación de información sobre escenarios de cambio climático que es requerida para la evaluación de los posibles impactos. Para la realización de este componente, Conservación Internacional, organización que administra los recursos del INAP, contrató a la Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Geografía para que se elaboraran los siguientes productos.

- Un documento con escenarios de cambio climático para 24 regiones elaborados con base en modelos de alta resolución (por lo menos con 25 kilómetros o mayor de detalle) con generación de los valores de los posibles cambios en los promedios de temperatura del aire y precipitación, señalando los posibles cambios en la variabilidad de estas elementos y los posibles cambios en la frecuencia de los valores extremos asociados a esta variables.
- Escenarios de cambio climático para las áreas específicas del Archipiélago de San Andrés y Providencia y para la zona del Páramo de Las Hermosas.
- Documento de trabajo y conferencia temática sobre los resultados de las simulaciones bajo escenarios propuestos para usos en los talleres de los demás componentes del INAP.
- Un documento “Evaluación Nacional sobre el Cambio Climático en Colombia” que resume los trabajos realizados sobre el tema en el país y en el extranjero.

**ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO
PARA 24 REGIONES DE COLOMBIA**

Metodología

De acuerdo con lo establecido en reuniones con el IDEAM, la entidad interventora del contrato, se planteó generar información de escenarios de cambio climático para las regiones identificadas en la Figura 1. También se consideró la región de San Andrés y Providencia y se efectuó una solicitud de tratamiento especial para el área del Páramo de las Hermosas. En un otrosí al contrato se planteó que los escenarios de San Andrés y Providencia y del Páramo de Las Hermosas se hicieran en un documento aparte.

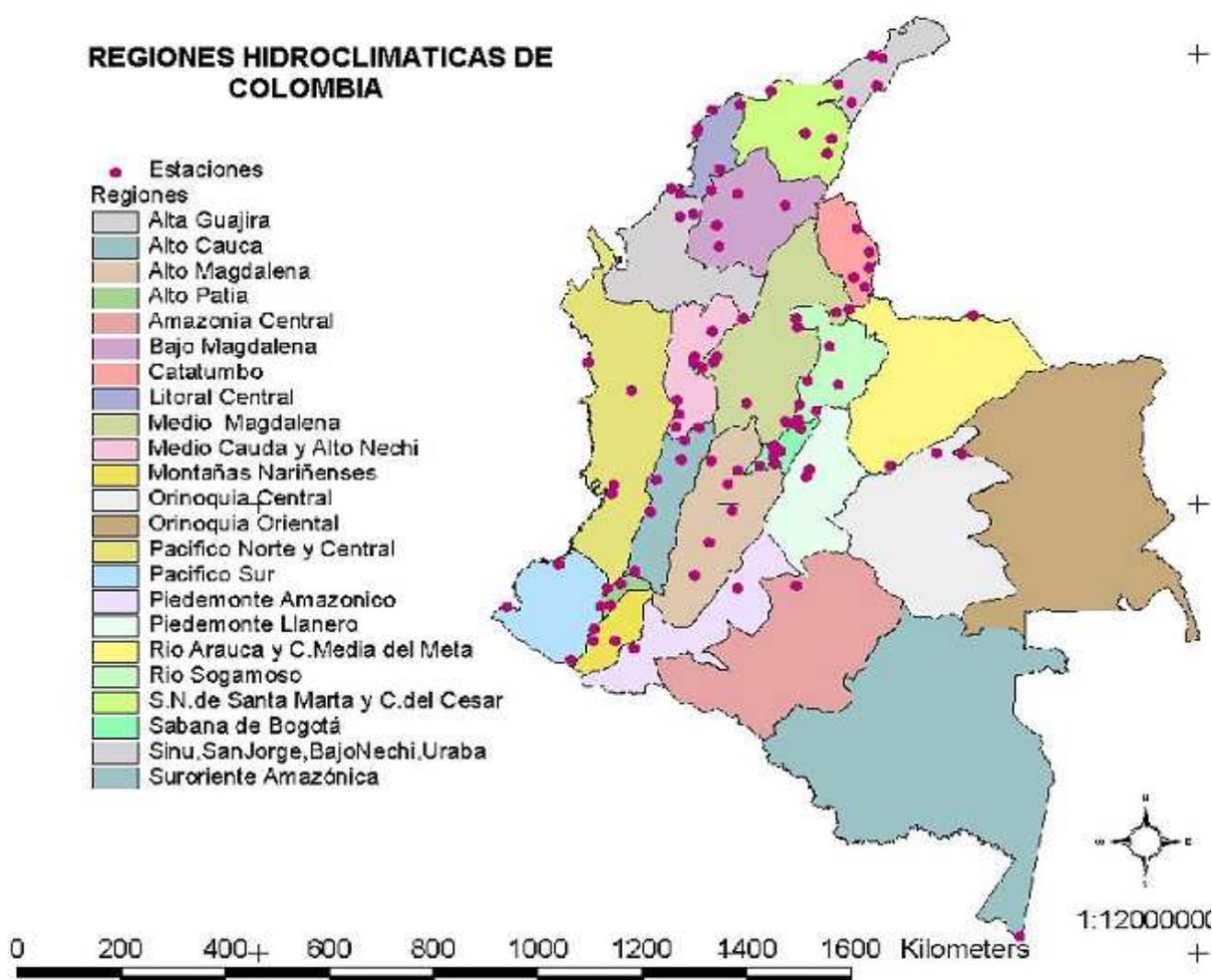


Figura 1. Regiones hidroclimáticas de Colombia identificada por el IDEAM y localización (puntos rojos) de las estaciones climatológicas que disponen de información para el análisis del cambio climático regional.

En la generación de escenarios de cambio climático se acordó presentar los cambios que en relación con el período 1961-1990 habría en el 2070-2100 en los escenarios A2 y B2 del IPCC para las variables temperatura del aire y precipitación. Para el efecto se utilizó el modelo PRECIS en resolución espacial de 25 x 25 kilómetros.

Con el modelo se reprodujo el clima del norte de Suramérica y del Caribe en la escala espacial

La elaboración de los escenarios para las regiones señaladas arriba se efectuó utilizando el modelo PRECIS siguiendo el siguiente procedimiento:

- Simulación del clima de Colombia para el período 1961-1990 con PRECIS utilizando los datos de ERA40 del Centro Hadley.
- Validación de la distribución espacial y temporal de las variables temperatura del aire y precipitación simuladas con PRECIS para el período 1961-1990 comparando con la distribución basada en las mediciones del mismo periodo.
- Ajustes de los resultados de las simulaciones para lograr distribuciones espaciales y temporales mejor ajustadas a las observadas.
- Simulación de la distribución de las variables temperatura del aire y precipitación con para el período 2070-2100 bajo escenarios A2 y B2
- Ajuste de los resultados de las simulaciones 2070-2100.
- Calculo de las diferencias entre los períodos 1961-1990 y 2070-2100.

Además de la temperatura del aire y la precipitación, se calcularon los posibles cambios en la humedad relativa y en la frecuencia de eventos de lluvia diaria mayores de 30 milímetros.

Resultados

La comparación de la distribución de la temperatura del aire simulada por PRECIS para el período 1961-1990 con la distribución observada en el mismo período permitió establecer que, si bien el modelo simula de una manera bastante cercana el efecto de la orografía, hay dificultades relacionadas con la representación de la cordillera central y oriental. También fue posible identificar que en general PRECIS presenta una leve subvaloración de la temperatura del aire sobre el territorio colombiano. No obstante, dadas las características de la temperatura media anual del aire y que se pretende evaluar los cambios en el largo plazo sobre un período de referencia, para la elaboración de los escenarios de esta variable se tomó el período simulado para 1961-1990 tal como lo produce el modelo y se comparó con lo mismo para el período 2070-2100.

En el caso de la precipitación, la simulación para el período 1961-1990 arrojó resultados no muy buenos para el sector occidental justamente como consecuencia de las fallas en la representación de la orografía en el modelo, específicamente por lo que corresponde al valle del río Cauca y de las cordilleras occidental y central. Debido a esto, en la simulación que hace PRECIS de la precipitación para el período 1961-1990 la zona humedad del pacífico se extiende hasta Antioquia y el eje cafetero. Para subsanar este problema, inicialmente se pretendió ajustar la distribución espacial forzándola con la distribución real, es decir, se trató de hallar la relación modelo-observaciones y ajustar los resultados del modelo. Después de este ajuste, se obtuvo una distribución que, aunque no es igual a la observada, por lo menos reduce el error que había inicialmente. De todas maneras, se planteó que para una solución más adecuada al problema era

necesario ajustar la orografía del modelo; por esta razón, se intervino el archivo de orografía del modelo PRECIS y se ajustaron los datos correspondientes a la cordillera occidental y oriental de tal manera que dejaran una representación del valle del río Cauca. Con esta nueva orografía se realizaron de nuevo las simulaciones con PRECIS.

Con simulaciones mejor ajustadas a lo observado en el período 1961-1990 se continuó con la simulación del periodo 2070-2100 en los escenarios A2 y B2 del IPCC y se calcularon los cambios que habría en la temperatura del aire y en la precipitación entre los dos periodos. En las Figuras 2 y 3 se presentan los cambios que se presentarían en esos dos escenarios.

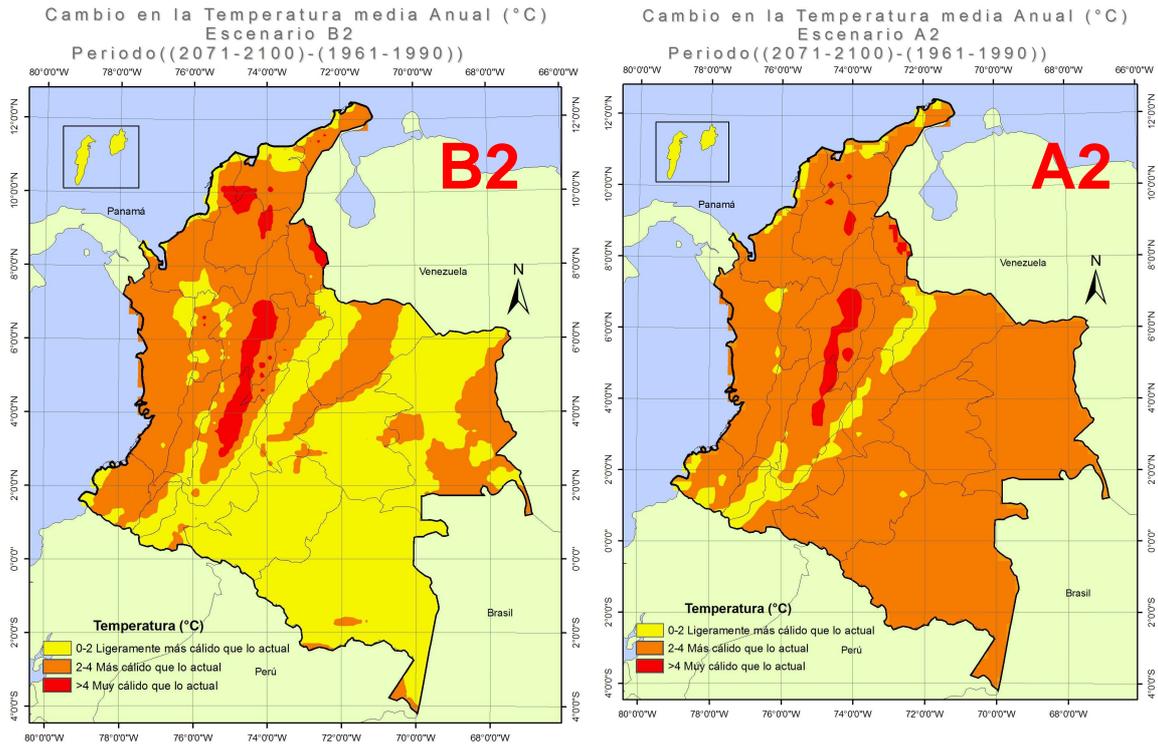


Figura 2. Cambios en la temperatura del aire calculados a partir de la diferencia entre las temperaturas medias anuales de los periodos 1961-1990 y 2070-2100 (escenario B2 – izquierda; escenario A2 – derecha).

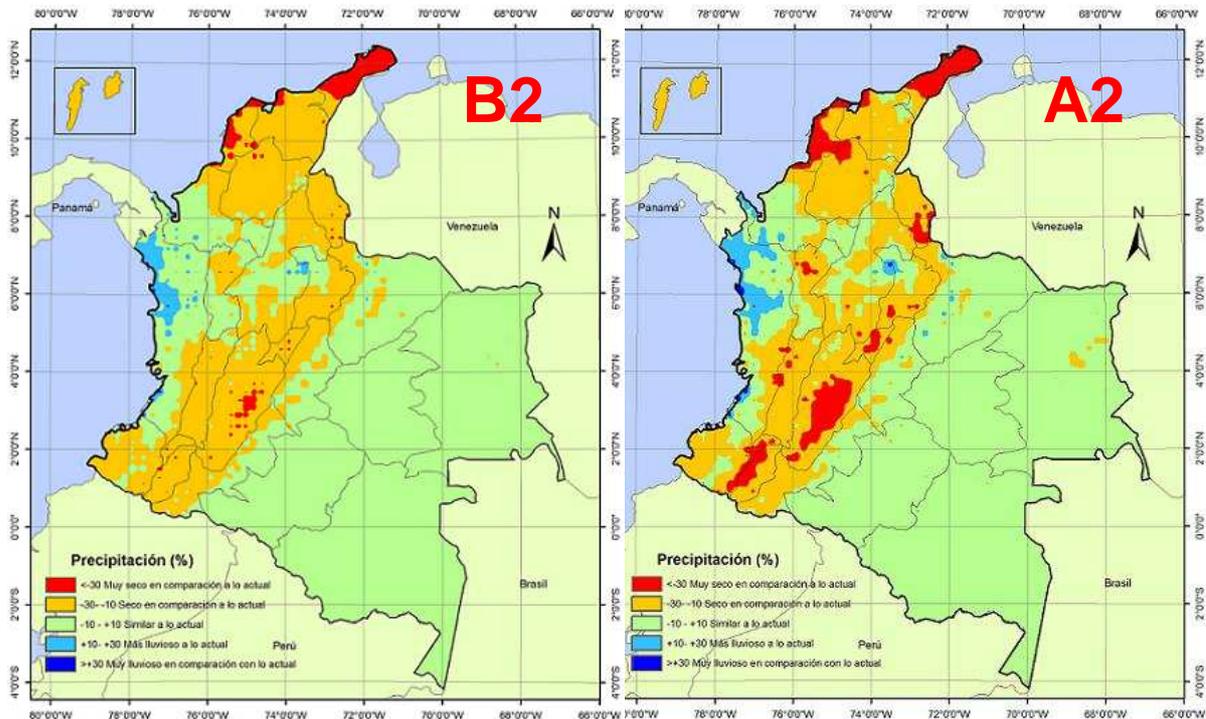


Figura 2. Cambios en la precipitación anual (en % del promedio multianual 1961-1990) calculados a partir de la diferencia entre las precipitaciones anuales de los períodos 1961-1990 y 2070-2100 (escenario B2 – izquierda; escenario A2 – derecha).

Según los dos escenarios en las regiones interandina y Caribe se presentará reducción de la cantidad anual de lluvias; en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental y en la región Pacífica habría aumentos.

ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO PARA COLOMBIA
PROBABLES CAMBIOS EN LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL DEL AIRE
PARA EL PERÍODO 2070-2100
(LOS CAMBIOS SE PRESENTAN EN °C SOBRE LA LINEA BASE 1961-1990)

No. Región	NOMBRE DE LA REGION	ESCENARIO B2	ESCENARIO A2
1	Alta Guajira	2-4	2-4
2	Sierra Nevada de Santa Marta	< 2	2-4
3	Litoral Caribe Central	< 2	2-4
4	Bajo Magdalena	2-4*	2-4*
5	Sinú-San Jorge-Bajo Nechí	2-4	2-4
6	Pacífico Norte y Central	2-4	2-4
7	Pacífico Sur	2-4	2-4
8	Montaña nariñense	2-4	2-4
9	Alto Cauca	2-4	2-4
10	Cauca Medio y Alto Nechí	< 2	2-4*
11	Alto Magdalena	> 4**	2-4**
12	Medio Magdalena	> 4**	2-4**
13	Sabana de Bogotá	2-4	2-4
14	Río Sogamoso	2-4	2-4
15	Catatumbo	2-4*	2-4*
16	Río Arauca y cuenca media del río Meta	< 2	2-4
17	Piedemonte Llanero	< 2	2-4
18	Orinoquía oriental	< 2	2-4
19	Orinoquia Central	< 2	2-4
20	Suroriente amazónico	< 2	2-4
21	Amazonía central	< 2	2-4
22	Piedemonte amazónico	< 2	2-4
23	Alto Patía	2-4	2-4
24	San Andrés y Providencia	< 2	< 2
	Páramo de Las Hermosas		

*Hay sectores con un calentamiento mayor de 4°C.

**En la parte alta hay calentamiento hasta 2°C, en las partes medias de montaña entre 2 y 4°C y en el valle mayor de 4°C.

ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO PARA COLOMBIA
PROBABLES CAMBIOS EN LA PRECIPITACION ANUAL PARA EL PERÍODO
2070-2100

(SE PRESENTAN LOS CAMBIOS EN % DE LOS ACUMULADOS ANUALES DE
 PRECIPITACION DEL PERIODO 1961-1990)

No. Región	NOMBRE DE LA REGION	ESCENARIO B2	ESCENARIO A2
1	Alta Guajira	<-30	<-30
2	Sierra Nevada de Santa Marta	Entre -30 y -10	Entre -30 y -10
3	Litoral Caribe Central	Entre -30 y -10	< -30
4	Bajo Magdalena	Entre -30 y -10*	Entre -30 y -10*
5	Sinú-San Jorge-Bajo Nechí	Entre -10 y +10**	Entre -10 y +10**
6	Pacífico Norte y Central	Entre -10 y +10***	Entre -10 y +10***
7	Pacífico Sur	Entre -10 y +10	Entre -10 y +10
8	Montaña nariñense	Entre -10 y -30	< -30
9	Alto Cauca	Entre -10 y -30	Entre -10 y -30
10	Cauca Medio y Alto Nechí	Entre +10 y -30 ^{&}	Entre -10 y -30 ^{&}
11	Alto Magdalena	Entre -10 y -30	< -30
12	Medio Magdalena	Entre -10 y +10***	Entre -10 y +30***
13	Sabana de Bogotá	Entre -10 y -30	< -30
14	Río Sogamoso	Entre -10 y -10 y -30	Entre -10 y -30
15	Catatumbo	Entre -10 y -30*	<-30
16	Río Arauca y c.media del río Meta	Entre -10 y +10***	Entre -10 y +10***
17	Piedemonte Llanero	Entre -10 y +10*	Entre -10 y +10
18	Orinoquía oriental	Entre -10 y +10	Entre -10 y +10
19	Orinoquia Central	Entre -10 y +10	Entre -10 y +10
20	Suroriente amazónico	Entre -10 y +10	Entre -10 y +10
21	Amazonía central	Entre -10 y +10	Entre -10 y +10
22	Piedemonte amazónico	Entre -10 y -30	Entre -10 y -30
23	Alto Patía	Entre -10 y -30	<-30
24	San Andrés y Providencia	Entre -10 y -30	Entre -10 y -30
	Páramo de Las Herosas		

* Hay sectores con una reducción mayor del 30% (o, expresado de otra forma: <-30%).

** Se observan sectores con reducción entre el 10 y el 30% al norte y sectores con aumento mayor del 10% al sur de la región.

*** Presencia de núcleos en donde aumentaría la precipitación en más del 30% (> +30%).

& Se presenta desde aumentos del 10% hasta reducciones mayores del 30%. Este último ocurre en la parte media de la región.

**ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO
PARA LAS ÁREAS ESPECÍFICAS**

**ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS Y
PROVIDENCIA**

Y

PÁRAMO DE LAS HERMOSAS

Tendencias y escenarios de cambio climático en el Páramo de Las Herosas

Para la estimación de los posibles cambios en la temperatura media del aire y de la precipitación anual en el Páramo de Las Herosas hacia finales del siglo XXI, se analizaron las tendencias actuales y su proyección para compararlos con los cambios que se obtuvieron con el modelo PRECIS para esa región en el escenario A2.

1. Tendencias de la temperatura media anual y de la precipitación anual en el Páramo de Las Herosas

El análisis de las tendencias de la temperatura del aire para la región arrojó un incremento de 0.1-0.2°C por decenio.

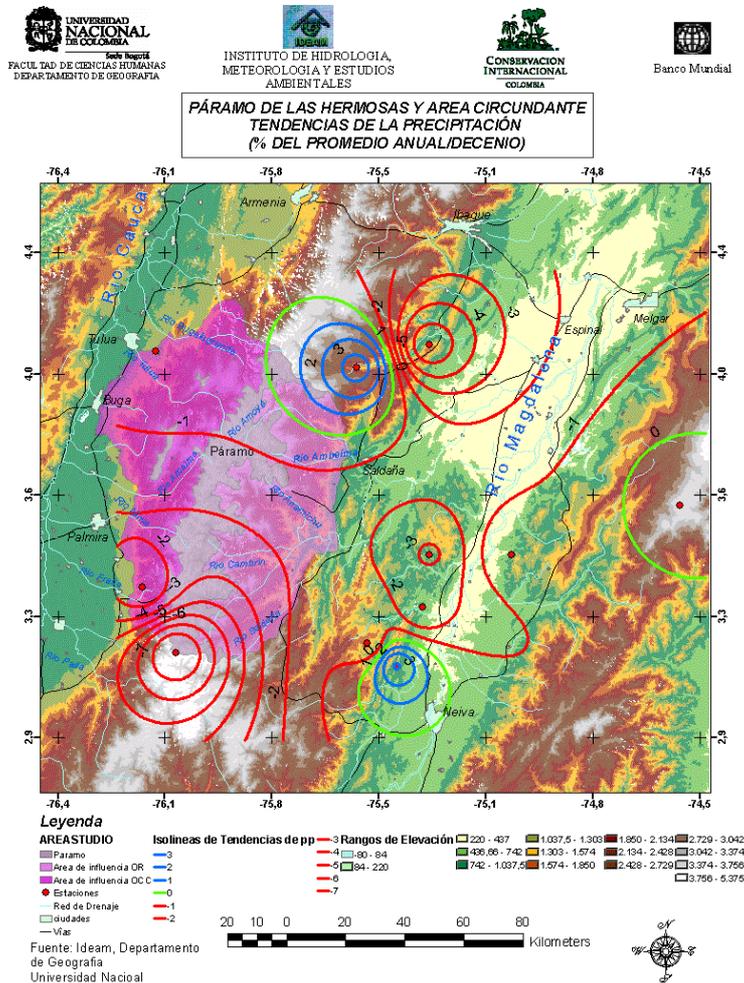


Figura 1. Distribución de las tendencias de precipitación en el Páramo de Las Herosas y área circundante (la localización de las estaciones meteorológicas está señalada con un punto rojo; las líneas rojas (valores negativos o reducción), verdes (cero) y azules (valores positivos o incremento) son isoclinas de tendencia de la precipitación).

La distribución espacial de las tendencias (Figura 1) permite ver que el incremento se está presentando en dos sectores muy localizados y fuera del área del páramo: uno al norte de la cuenca alta del río Amoyá, otro, al sur, en el valle del Magdalena. Según esta distribución,

directamente sobre el sector del Páramo de Las Herosas se está registrando descenso de la precipitación

En resumen, del análisis de las tendencias de precipitación y de su distribución espacial es posible concluir que sobre el área del Páramo de Las Herosas la precipitación esta disminuyendo a un ritmo promedio regional de 2-3% por decenio (alrededor de 0.2-0.3% anual) en el período 1973-2002.

2. Posibles cambios en la precipitación anual en el Páramo de Las Hermosa hacia la segunda mitad del siglo XXI

La extrapolación de tendencias de la temperatura anual permite obtener un estimado de calentamiento de 2°C para la región hacia finales del siglo XXI en comparación con lo que se observó en el período 1961-1990. El modelo PRECIS en el escenario A2 arroja como resultado un calentamiento de 4°C para la región.

Tomando como base las tendencias de precipitación identificadas anteriormente y realizando su extrapolación se obtiene que hacia el 2050 habría entre 10 y 15% menos precipitación anual que la registrada en el período 1961-1990. Para el año 2080 este cambio estaría entre 16-25%. El modelo PRECIS con el escenario A2 prevé un cambio entre el 30 y el 40% de la precipitación anual del período 1961-1990.

Tendencias y escenarios de cambio climático en el área de San Andrés y Providencia

Para la estimación de los posibles cambios en la temperatura media del aire y de la precipitación anual en San Andrés y Providencia hacia finales del siglo XXI, se analizaron las tendencias actuales y su proyección para compararlos con los cambios que se obtuvieron con el modelo PRECIS para esa región en el escenario A2.

1. Tendencias de la temperatura media anual y de la precipitación anual en San Andrés y Providencia

El análisis de la tendencia lineal de los datos mensuales de precipitación del Aeropuerto Sesquicentenario para el período 1958-2004 dio como resultado un incremento de 4,8 milímetros por decenio. ERA40-PRECIS para el período 1961-2000 da una tendencia de disminución (-17,3 milímetros por decenio).

[Hay problemas en los registros históricos que ha sido difícil identificar; es necesario revisar nuevamente los datos. Las tendencias que aparecen con los datos disponibles para el análisis son contradictorios al compararlos con las tendencias de la región del Caribe occidental]

2. Posibles cambios en la precipitación anual en San Andrés y Providencia hacia la segunda mitad del siglo XXI

Según las simulaciones realizadas para el 2070-2100 con el modelo PRECIS para los escenarios A2 y B2, el incremento de la temperatura media del aire sobre el área de San Andrés y Providencia podría estar alrededor de los 2°C en relación con lo observado en el período 1961-1990.

En cuanto a la precipitación anual sobre el Archipiélago de San Andrés y Providencia en los escenarios A2 y B2 se presentaría una reducción entre el 10 y el 30%

**DOCUMENTO DE TRABAJO
Y
CONFERENCIA TEMÁTICA**

**SOBRE LOS RESULTADOS DE LAS
SIMULACIONES BAJO ESCENARIOS PROPUESTOS
PARA USO EN LOS TALLERES DE LOS DEMÁS
COMPONENTES DEL INAP**

Elaboración de escenarios de cambio climático para Colombia

En la generación de escenarios de cambio climático se acordó presentar los cambios que en relación con el período 1961-1990 habría en el 2070-2100 en los escenarios A2 y B2 del IPCC para las variables temperatura del aire y precipitación. Para el efecto se utilizó el modelo PRECIS en resolución espacial de 25 x 25 kilómetros.

Con el modelo se reprodujo el clima del norte de Suramérica y del Caribe en la escala espacial

La elaboración de los escenarios para las regiones señaladas arriba se efectuó utilizando el modelo PRECIS siguiendo el siguiente procedimiento:

- Simulación del clima de Colombia para el período 1961-1990 con PRECIS utilizando los datos de ERA40 del Centro Hadley.
- Validación de la distribución espacial y temporal de las variables temperatura del aire y precipitación simuladas con PRECIS para el período 1961-1990 comparando con la distribución basada en las mediciones del mismo periodo.
- Ajustes de los resultados de las simulaciones para lograr distribuciones espaciales y temporales mejor ajustadas a las observadas.
- Simulación de la distribución de las variables temperatura del aire y precipitación con para el período 2070-2100 bajo escenarios A2 y B2
- Ajuste de los resultados de las simulaciones 2070-2100.
- Calculo de las diferencias entre los períodos 1961-1990 y 2070-2100.

Además de la temperatura del aire y la precipitación, se calcularon los posibles cambios en la humedad relativa y en la frecuencia de eventos de lluvia diaria mayores de 30 milímetros.

Resultados

La comparación de la distribución de la temperatura del aire simulada por PRECIS para el período 1961-1990 con la distribución observada en el mismo período permitió establecer que, si bien el modelo simula de una manera bastante cercana el efecto de la orografía, hay dificultades relacionadas con la representación de la cordillera central y oriental. También fue posible identificar que en general PRECIS presenta una leve subvaloración de la temperatura del aire sobre el territorio colombiano. No obstante, dadas las características de la temperatura media anual del aire y que se pretende evaluar los cambios en el largo plazo sobre un período de referencia, para la elaboración de los escenarios de esta variable se tomó el período simulado para 1961-1990 tal como lo produce el modelo y se comparó con lo mismo para el período 2070-2100.

En el caso de la precipitación, la simulación para el período 1961-1990 arrojó resultados no muy buenos para el sector occidental justamente como consecuencia de las fallas en la representación de la orografía en el modelo, específicamente por lo que corresponde al valle del río Cauca y de las cordilleras occidental y central. Debido a esto, en la simulación que hace PRECIS de la precipitación para el período 1961-1990 la zona humedad del pacífico se extiende hasta Antioquia y el eje cafetero. Para subsanar este problema, inicialmente se pretendió ajustar la distribución espacial forzándola con la distribución real, es decir, se trató de hallar la relación modelo-observaciones y ajustar los resultados del modelo. Después de este ajuste, se obtuvo una distribución que, aunque no es igual a la observada, por lo menos reduce el error que había inicialmente. De todas maneras, se planteó que para una solución más adecuada al problema era necesario ajustar la orografía del modelo; por esta razón, se intervino el archivo de orografía del modelo PRECIS y se ajustaron los datos correspondientes a la cordillera occidental y oriental de tal manera que dejaran una representación del valle del río Cauca. Con esta nueva orografía se realizaron de nuevo las simulaciones con PRECIS.

Con simulaciones mejor ajustadas a lo observado en el período 1961-1990 se continuó con la simulación del período 2070-2100 en los escenarios A2 y B2 del IPCC y se calcularon los cambios

que habría en la temperatura del aire y en la precipitación entre los dos periodos. En las Figuras 2 y 3 se presentan los cambios que se presentarían en esos dos escenarios.

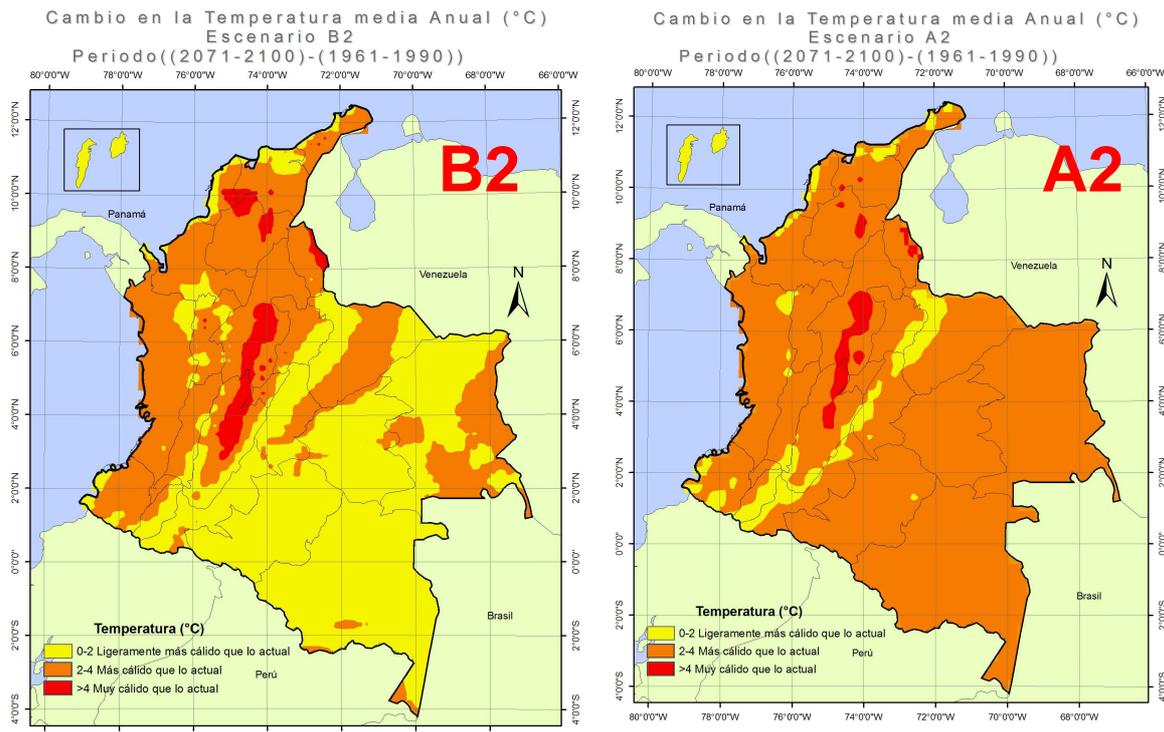


Figura 2. Cambios en la temperatura del aire calculados a partir de la diferencia entre las temperaturas medias anuales de los periodos 1961-1990 y 2070-2100 (escenario B2 – izquierda; escenario A2 – derecha).

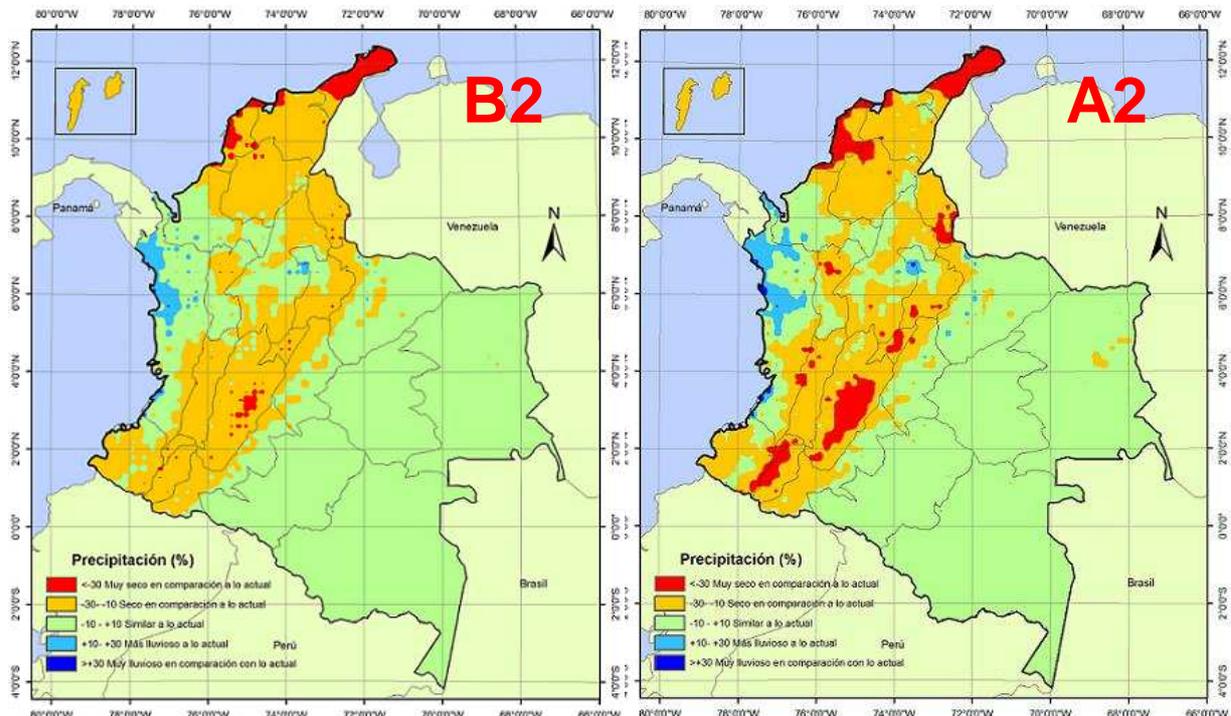


Figura 2. Cambios en la precipitación anual (en % del promedio multianual 1961-1990) calculados a partir de la diferencia entre las precipitaciones anuales de los periodos 1961-1990 y 2070-2100 (escenario B2 – izquierda; escenario A2 – derecha).

Según los dos escenarios en las regiones interandina y Caribe se presentará reducción de la cantidad anual de lluvias; en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental y en la región Pacífica habría aumentos.

