

IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES EN
JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN
AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER

IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE
CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES EN
JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN
AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER

HEBERT GONZALO RIVERA (KOPERGOL)
DIANA CAROLINA PALACIO GÓMEZ
FLOR MARÍA RANGEL GUERRERO



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS

Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Rivera, Hebert Gonzalo, 1970 -

Impacto de los escenarios de cambio climático en los recursos naturales renovables en jurisdicción de la Corporación Autónoma de Santander / Hebert Gonzalo Rivera, Diana Carolina Palacio Gómez, Flor María Rangel Guerrero. – Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Humanas. Departamento de Geografía: Corporación Autónoma Regional de Santander, 2013
97 páginas : ilustraciones

Incluye referencias bibliográficas

ISBN : 978-958-761-546-3

I. Cambios climáticos 2. Impacto ambiental 3. Recursos naturales renovables
4. Hidrología estocástica 5. Suelos – Santander – Colombia I. Palacio Gómez, Diana Carolina, 1980- II. Rangel Guerrero, Flor María, 1969- III. Tít.

CDD-21 333.7 / 2013

IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES EN JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN
AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER

© Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Facultad de Ciencias Humanas,
Departamento de Geografía

Primera edición

ISBN: 978-958-761-546-3

© CAS

© Autores,

Hebert Gonzalo Rivera. Ingeniero Hidrólogo, Ph. D.

Diana Carolina Palacio Gómez. Ingeniera en Recursos Hídricos y Gestión Ambiental,
Especialista en Proyectos.

Flor María Rangel Guerrero, Administradora de Empresas, Especialista en Ingeniería
Ambiental

PROFESIONALES DE APOYO

Fernando Salazar Holguín

Oscar Javier Acevedo Amaya

Marisol Carvajal Contreras

Julieth Lombo García

Luis Carlos Jiménez Reyes

Fotografías:

Archivo de la CAS

Diagramación, edición e impresión: Otero Impresos

Impreso y hecho en Bogotá, Colombia.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin autorización estricta del titular de los derechos patrimoniales

Nivel directivo
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER

FLOR MARÍA RANGEL GUERRERO
Directora General

EDWIN ALBERTO AVILA RAMOS
Secretario General

ELISA ISENIA SANTOS MORALES
Jefe de Control Interno

SANDRA MILENA BARRERA CARREÑO
Subdirectora Administrativo y Financiero

LUIS FRANCISCO OLIVEROS PATIÑO
Subdirector de Planeación

ELKIN RENÉ BRICEÑO LARA
Subdirector de Gestión Ambiental

Nivel directivo
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

IGNACIO MANTILLA
Rector

SERGIO BOLAÑOS CUÉLLAR
Decano de la Facultad de Ciencias Humanas

LUIS CARLOS JIMÉNEZ REYES
Director del Departamento de Geografía

JENNY SIERRA OLARTE
Coordinadora del programa de Extensión y Educación Continua

CONTENIDO

	Pág
Presentación	11
Introducción	15
1. Aspectos conceptuales sobre cambio climático	19
1.1. Interpretación de los conceptos de meteorología, climatología, variabilidad climática, tiempo atmosférico, clima y cambio climático	21
1.2. Premisas foráneas y nacionales para la construcción de escenarios de cambio climático a nivel nacional	41
1.3. Interpretación de los escenarios de cambio climático	43
2. Impacto de los escenarios de cambio climático en los recursos naturales renovables en jurisdicción de la CAS.	47
2.1. Impacto de los escenarios de cambio climático en las zonas de vida de Holdridge	50
2.2. Impacto de los escenarios de cambio climático en la pérdida de suelo	61
2.3. Impacto de los escenarios de cambio climático en la disponibilidad per cápita de agua	72
2.4. Proyección cualitativa de riesgos ambientales ante los escenarios de cambio climático	82
Conclusiones	89
Bibliografía	93

PRESENTACIÓN



ORQUÍDEA - CATLEYA TRIANAE

La Corporación Autónoma Regional de Santander -CAS-, como principal entidad ambiental del departamento de Santander, está comprometida con el cuidado del ambiente, mediante la realización de proyectos encaminados a la preservación de los variados y ricos ecosistemas de nuestra Región.

El territorio de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS está subdividido política y administrativamente en 74 municipios. Está delimitada por el norte con el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB, por el oriente con los departamentos de Norte de Santander y Boyacá, por el occidente con el río Magdalena y por el sur con el departamento de Boyacá. Santander cuenta con una extensión de 30.537 km², distribuidos en 87 municipios de los cuales 74 corresponden a la jurisdicción de la CAS y representan el 85% de la extensión geográfica del departamento.

La preservación de los diversos y ricos ecosistemas en nuestra jurisdicción es un gran reto que debemos afrontar en la Corporación con soporte en el conocimiento científico sobre los posibles impactos que puedan tener a futuro los escenarios oficiales de cambio climático que vienen promulgando el gobierno nacional desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Por ello, tenemos el agrado de presentar este libro, fruto del esfuerzo mancomunado entre la Universidad Nacional de Colombia y la Corporación Autónoma Regional de Santander.

Expresamos nuestro agradecimiento a las entidades del nivel nacional, regional y local que facilitaron la información y demás insumos necesarios para llevar a cabo la modelación, estimaciones y análisis que concluyeron con la identificación de los posibles impactos de los escenarios oficiales de cambio climático en las zonas de vida de Holdridge, en la pérdida de suelo y en la disponibilidad per cápita de agua para los períodos de los años 2011-2040 y 2071-2100. Al Instituto IDEAM le agradecemos la facilitación de los mapas oficiales de escenarios y las consultas a los informes técnicos de soporte, al Instituto IGAC la entrega de mapas y consultas de estudios sobre ecosistemas y suelos en el departamento, a las Universidades locales por compartir sus experiencias y facilitar la consulta de estudios, tesis e informes técnicos, a las Alcaldías y demás actores locales.

Flor María Rangel Guerrero
Directora General
Corporación Autónoma Regional de Santander

INTRODUCCIÓN



PÁRAMO DE ALMORZADERO

La Universidad Nacional de Colombia y la Corporación Autónoma Regional de Santander firmaron el Convenio No. 005-0144-2012 de 2012, en el cual se contemplaron tres tipos de productos principales: a) un curso especial sobre cambio climático; b) el informe del convenio sobre los resultados del estudio de impactos de los escenarios de cambio climático en las zonas de vida de Holdridge, en la pérdida de suelo y en la disponibilidad per cápita de agua, entre otros aspectos y c) un libro sobre cambio climático, su interpretación e impactos. El presente libro corresponde al tercer tipo de producto y presenta los resultados finales y seleccionados sobre los posibles impactos de los escenarios de cambio climáticos en las zonas de vida de Holdridge, en la pérdida de suelo y en la disponibilidad per cápita de agua; así como también ilustra en forma sencilla pero detallada la interpretación de los conceptos básicos de meteorología, climatología, tiempo atmosférico, clima, variabilidad climática y cambio climático. Conceptos que en la gran mayoría de regiones del país se suelen utilizar por parte de las gentes en un sentido muy diferente al científico.

El libro comprende dos capítulos, la conclusión y la bibliografía (con fuentes disponibles en la web para facilitar su consulta inmediata). El primer capítulo trata sobre los aspectos conceptuales que se manejan para estudiar el fenómeno de cambio climático, incluye las premisas foráneas en la generación de escenarios de emisiones a cargo del Grupo de Expertos Intergubernamentales sobre Cambio Climático; el segundo capítulo ilustra en forma detallada los posibles impactos de los escenarios en los recursos naturales renovables como son las zonas de vida de Holdridge, en la pérdida de suelo y en la disponibilidad per cápita de agua.

Cada una de las modelaciones, análisis y estimaciones se llevaron a cabo bajo diversas consideraciones y sólo se presentan en este libro las seleccionadas a partir de una gama diversa de resultados. Para obtener estos resultados se utilizó información secundaria y terciaria, mapas entregados por los institutos IDEAM e IGAC, informes técnicos de estas entidades y de la Corporación CAS, se llevaron a cabo consultas en las universidades con asentamiento local en municipios del departamento de Santander y en Alcaldías. Es importante resaltar que el conocimiento científico sobre los impactos que se identificaron podrá variar rotundamente en la medida en que estos estudios se realicen con modelos más adecuados a la realidad de la región, también en la medida en que se tenga disponible información local y actualizada con el devenir de los años y según se presenten a futuro los cambios del clima de acuerdo con lo prefijado por el IDEAM.

Esta publicación fue elaborada por la Ingeniera en Recursos Hídricos y Gestión Ambiental (Especialista) Diana Carolina Palacio Gómez, Administradora de Empresas (Especialista) Flor María Rangel Guerrero y el Ingeniero Hidrólogo (Ph. D.) Hebert Gonzalo Rivera, docente del Departamento de Geografía de la Universidad Nacional de Colombia.

Los autores expresan su agradecimiento a las Directivas y al personal de apoyo administrativo en la Universidad, especialmente a Ginneth Rojas Rojas, Iván Darío Aristizábal Henao, Samuel Solano González y Angela Viviana Villarreal Camacho. También agradecen las observaciones, correcciones y revisión que llevaron a cabo los funcionarios y contratistas en la Corporación CAS con el fin de mejorar el contenido del libro, en especial al Dr. Luis Francisco Oliveros Patiño, también a sus colaboradores, entre ellos a Heidy Correa Ardila, Cecilia Puerto Moreno, Olinda Silva Vargas y Luz Milena Reyes.

Los autores.

I. ASPECTOS CONCEPTUALES DE CAMBIO CLIMÁTICO



PÁRAMO DE ALMORZADERO

La importancia del estudio sobre el clima que se presenta en el territorio de la CAS y sus impactos, cada día ocupa un lugar superior en la toma de decisiones en los aspectos sociales, ambientales y económicos en la región. Con los hechos ocurridos en las últimas dos décadas (impactos del Fenómeno El Niño en los años 1992-1993, 1997-1998, Fenómeno La Niña en 2010-2011) se torna primordial lograr entender las teorías conceptuales e hipótesis que describen al clima, le diagnostican y proyectan. En este sentido, lo primero que debemos comprender es que el concepto científico de “clima” resulta ser muy diferente al concepto que el común de la gente suele tener; por ello, brevemente en este capítulo se presentan las definiciones científicas formales de conceptos como meteorología, climatología, clima, tiempo atmosférico, variabilidad climática y cambio climático. Cada uno de estos términos tiene sus propias definiciones y determinan alcances muy diferentes.

1.1. Interpretación de los conceptos de meteorología, climatología, tiempo atmosférico, variabilidad climática, clima y cambio climático

El conocimiento sobre el desarrollo, diagnóstico y proyección de los procesos y fenómenos que suceden en la atmósfera es uno de los pocos ámbitos intelectuales del ser humano que logró desde hace décadas homogeneizar métodos y procedimientos en su proceder científico en más de 180 países. A nivel internacional existe la Organización Meteorológica Mundial – OMM (www.wmo.ch), agencia de la Organización de las Naciones Unidas - ONU que congregó y consolidó el saber científico en el ámbito de la meteorología. La OMM es el portavoz de la ONU autorizado para tratar y dar a conocer todo lo relacionado con el “estado y el comportamiento de la atmósfera terrestre, su interacción con los océanos, el clima que produce y la distribución resultante de los recursos hídricos” (OMM, 2012).

El estado colombiano en diferentes décadas a través de sus diversas entidades del ámbito meteorológico e hidrológico (Servicio Colombiano de Hidrología y Meteorología - SCMH, Instituto de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM) hace parte de la OMM desde el 5 de enero de 1962. Ello ha permitido compartir experiencias internacionales durante décadas, las cuales han permitido consolidar el estudio de los procesos y fenómenos que suceden en la atmósfera e hidrósfera en el territorio nacional.

De acuerdo con la OMM (1992), la meteorología es la ciencia que estudia a la atmósfera, mientras que la climatología se encarga del estudio del estado físico medio de la atmósfera y de sus variaciones estadísticas en el espacio y en el tiempo, tal como se reflejan en el comportamiento meteorológico en un período de muchos años. De otra parte, se tiene que el clima es una síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadísticas a largo plazo (valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos en dicho lugar; el concepto de tiempo atmosférico se refiere al estado de la atmósfera en un instante dado, definido por los diversos elementos meteorológicos.

Otro concepto importante es la variación climática, el cual trata sobre “una fluctuación o componente de la misma, cuya escala temporal característica es suficientemente larga para manifestarse como inconstancia apreciable en sucesivos valores normales (promedios de 30 años) de una variable. Ese término se usa frecuentemente para indicar las variaciones naturales comunes de un año al siguiente o cambios de una década a la siguiente” (OMM, 1990). Para el caso de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander - CAS son ejemplos claros de la variación o variabilidad climática los fenómenos de El Niño y La Niña, así como también las épocas de lluvias y estiaje que se suelen presentar cada año.

Así las cosas, entendemos que la climatología se soporta en el conocimiento que le brinda la meteorología sobre los procesos y fenómenos que suceden en la atmósfera y que trata su estudio a largo plazo (meses, años, lustros, décadas, siglos, etc.) y utiliza los valores promedios de las series de datos de los elementos meteorológicos para presentar su estado. La climatología es una de las áreas de la meteorología. Cuando hablamos de hechos que suceden en la atmósfera en momentos específicos (tiempos recientes, presentes o próximos a suceder en términos de horas y días) nos referimos en el ámbito científico al concepto de tiempo atmosférico; mientras que cuando hablamos del clima nos referimos a los comportamientos a plazos temporales más extensos. Esta diferencia de conceptos aún se desconoce por parte de las gentes en regiones diversas del país y por ello es común oír frases como “que clima tan tenaz”, “que clima tan terrible el de ayer”, “pronóstico del clima para mañana”, “como cambió el clima de ayer para hoy”, etc.; todas ellas erróneas conceptualmente.

A manera de ilustración sobre el uso correcto de estos conceptos se presentan a continuación algunos análisis sobre el comportamiento de tres procesos en diferentes lapsos de tiempo, a saber: a) procesos de la temperatura, precipitación y escorrentía superficial (expresada en caudales) en la ciudad de San Gil en valores diarios para el año 2011 y b) procesos de la temperatura, precipitación y escorrentía superficial (expresada en caudales) en la ciudad de San Gil en valores anuales promedios en el período desde 1955 hasta 2011, según los registros del Instituto IDEAM en sus estaciones. La selección específica del año 2011 se debió a la ola invernal sufrida en jurisdicción de la CAS en este año, mientras que la elección del período temporal 1955-2011 permite apreciar un comportamiento extenso en las caudalidades del río Fonce, único caso hidrológico en la región con datos desde mediados del siglo XX

Cuando en la figura No. 1.1.1 y 1.1.2 se observan los valores del proceso de temperatura y precipitación de un día del año 2011 en particular, se debe utilizar para describir las condiciones atmosféricas en ese momento el concepto de tiempo atmosférico; mientras que si se desea apreciar estos valores durante el año o en algunos de sus meses es correcto utilizar el concepto de variabilidad climática. Así las cosas, es correcto afirmar que “el día 22 de febrero el tiempo estuvo muy lluvioso y caluroso”, “en el mes de octubre la variabilidad climática forzó precipitaciones muy altas y temperaturas promedias”, “el hecho frecuente de las lluvias en los meses de septiembre-octubre y abril-mayo en San Gil obedece a la variabilidad climática”.

En cuanto a la escorrentía superficial expresada en caudales (ver la figura No. 1.1.3) se puede afirmar que “en los meses de septiembre y octubre la variabilidad hidrológica determinada por la variabilidad climática forzó caudales muy altos que amenazaron con inundaciones y socavación lateral y de lecho”.

Es importante recordar que el comportamiento atmosférico e hidrológico en la región de Santander, en particular en San Gil, obedece a procesos ajenos que se presentan por fuera del departamento (como la radiación solar que recibe la esfera Tierra, la dinámica de la Zona de Convergencia Intertropical, los vientos alisios, entre otros) y a procesos propios que se presentan en forma interna y compleja en cada una de las cuencas hidrográficas, dado el rol de regulador que ejerce la vegetación, las montañas, los valles, los suelos y sus pendientes, así como también por influencia humana muy localizada. Por ello, cuando se identifican tendencias (al aumento o disminución) a largo plazo en los procesos de temperatura, precipitación o escorrentía, es importante deter-

minar si estos cambios obedecen a los factores externos o internos y establecer claramente el rol de la influencia humana a nivel local o global en ellos.

Los cambios que se identifican con tendencias durante varios años en cualquiera de los procesos atmosféricos e hidrológicos deben someterse a análisis rigurosos de expertos para descartar cualquier conclusión que pueda confundir a la sociedad y con ello poder contar con plena seguridad en las decisiones a tomar en el futuro.

A manera de ejemplo, se puede afirmar que para el caso de los valores medios diarios de temperatura en San Gil es prácticamente imposible contestar con el método científico la pregunta ¿a qué factor se debe la baja temperatura de 19,8 grados centígrados el 20 de octubre de 2011?, que se constituye en el valor más bajo de todo el año; también resulta imposible dar respuesta al interrogante ¿se debe al fenómeno de cambio climático la precipitación de 59,2 milímetros el 15 de agosto de 2011?, que se constituye en el valor más alto de todo el año.

La imposibilidad de hallar respuesta a esta clase de preguntas radica al menos en los siguientes aspectos: a) los estudios sobre los comportamientos de la atmósfera se soportan en los datos cualitativos ó que se obtienen con mediciones que se realizan en las estaciones meteorológicas de la red meteorológica; b) para el caso de San Gil, al igual que para las demás ciudades pequeñas en el país, la red meteorológica es insuficiente en duración de las mediciones y en cantidad de estaciones para correlacionar los valores de temperatura y precipitación con las actividades humanas, e incluso para correlacionarlas con las características propias del territorio; c) se carece de mediciones específicas sobre las actividades humanas y su incidencia en los procesos de temperatura y precipitación.

Además de la poca información cualitativa ó de las redes de medición, también es de resaltar que los mismos modelos científicos meteorológicos en la actualidad no prevén, con errores aceptables, el comportamiento de la atmósfera más allá de 10 días a futuro y se soportan en el modelo MEST (ver discusión en el sitio www.hydrostochastic.com).

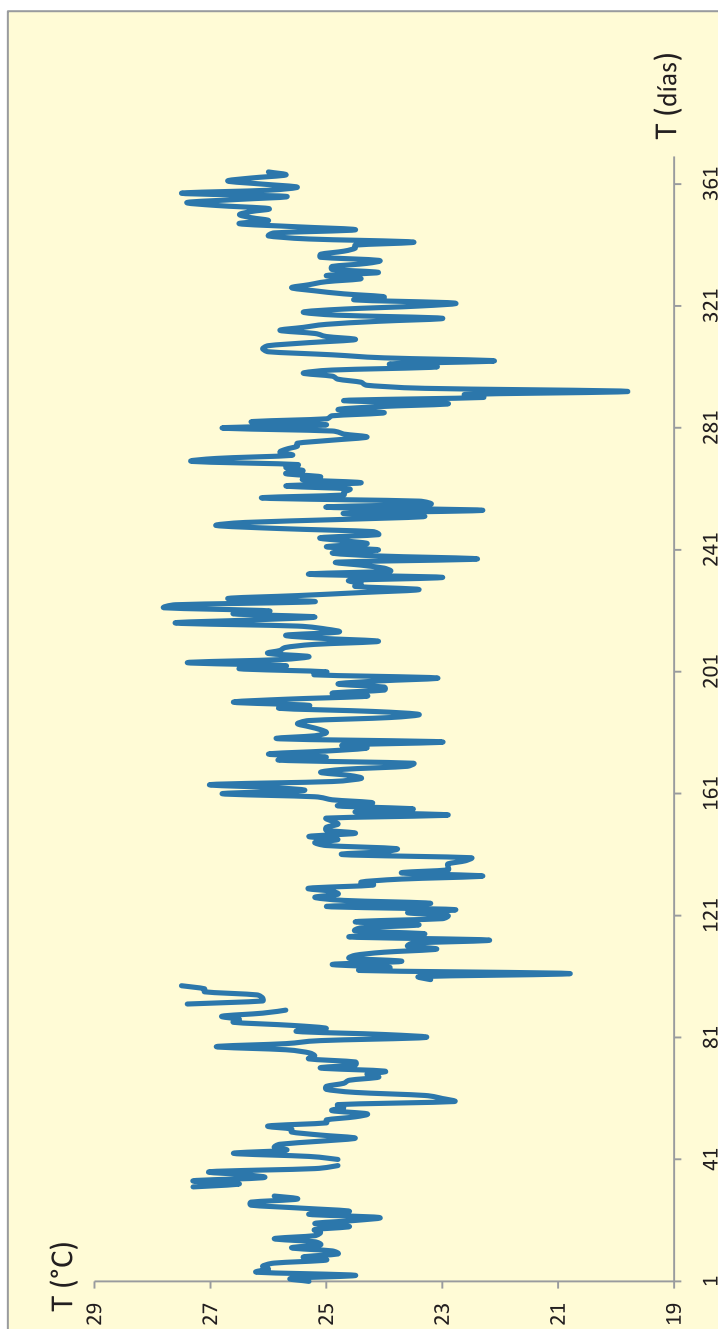


Figura 1.1.1 Comportamiento de los valores diarios en el año 2011 de la Temperatura en San Gil. Elaborada por los autores. Fuente de datos: IDEAM.

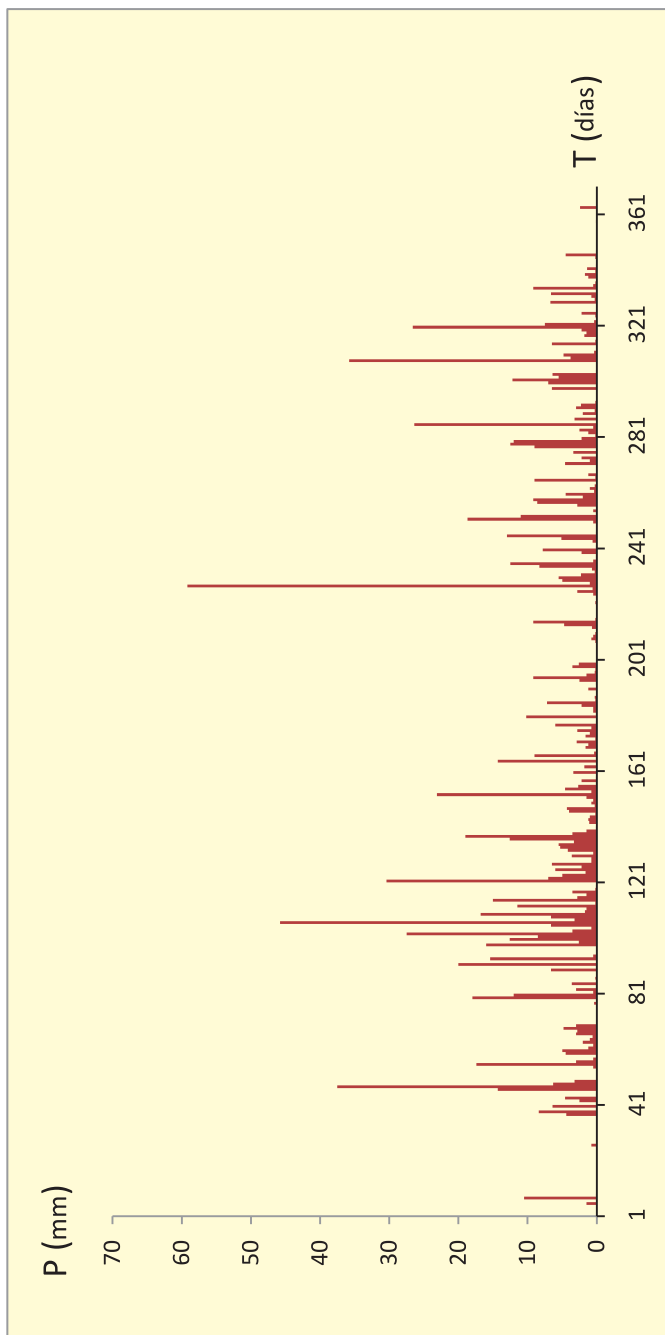


Figura No. 1.1.2. Comportamiento de los valores totales diarios en el año 2011 de la precipitación en San Gil.
Elaborado por los autores. Fuente de datos: IDEAM.

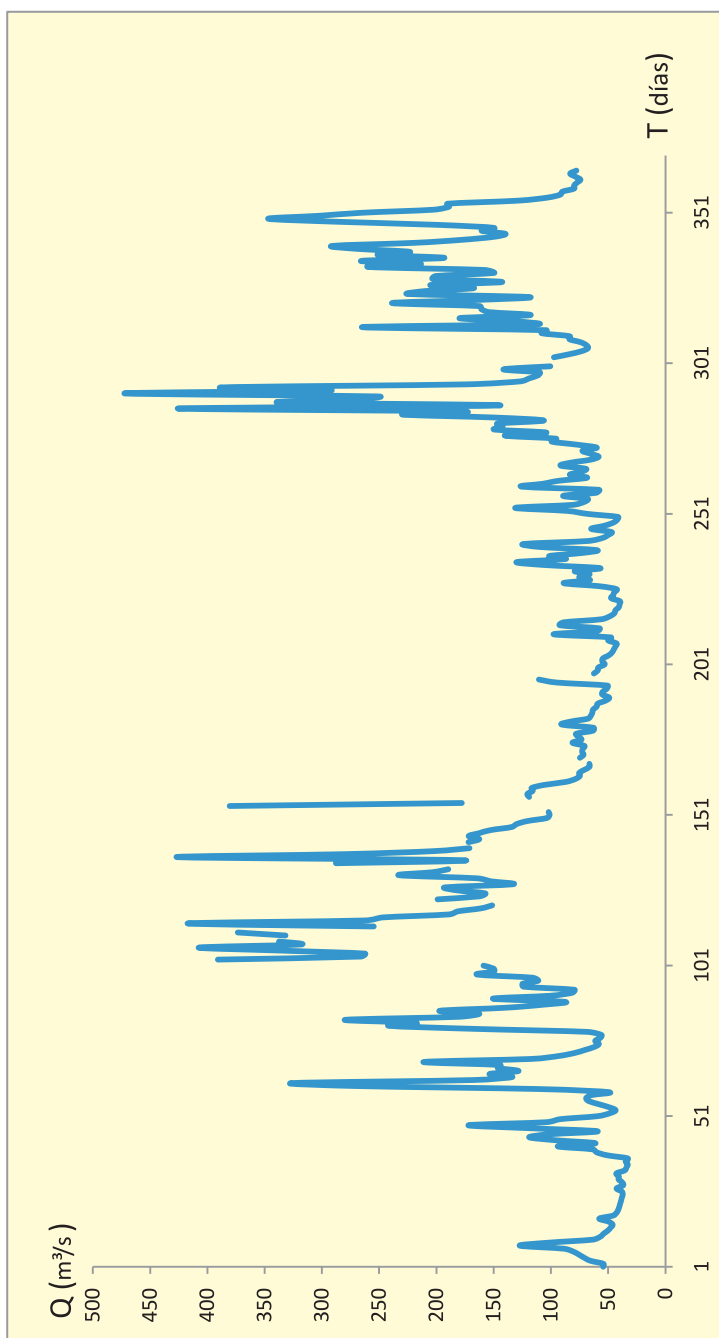


Figura No. 1.1.3. Comportamiento de los valores medios diarios en el año 2011 de los caudales en el río Fonce en San Gil.
Elaborado por los autores. Fuente de datos. IDEAM.

En la figura No. 1.1.4 se aprecia el comportamiento del proceso de temperatura en la ciudad de San Gil determinado en parte por la variabilidad climática. Esta figura muestra en forma sencilla los cambios que han sucedido en los valores medios anuales en la temperatura desde el año de 1975 hasta el año 2012 y allí se observa claramente que en los años 1983, 1992, 1992, 1998, 2002-2007 y 2009 se presentaron los valores promedios (en color azul en la figura) más altos, los cuales comprendieron 26,1°C, 26,6°C, 26,1°C, 26°C, 26°C-26,2°C y 26,2°C respectivamente. Si se comparan los valores promedios anuales máximos (tomados como los mayores valores mensuales medios de cada año y mostrados en color naranja oscuro en la figura) se puede concluir que en los años 1992, 1997, 2005, 2006 y 2010 se presentaron los valores más altos, los cuales comprendieron 28°C, 27,7°C, 28,2°C, 28°C y 28,1°C respectivamente; mientras que los valores promedios anuales mínimos (tomados como los menores valores mensuales medios de cada año y mostrados en color rojo en la figura) se puede concluir que en los años 1979, 1980, 1984, 1986 y 1996 se presentaron los valores más bajos, los cuales comprendieron 23,6°C, 23,2°C y 23,7°C para el resto de años respectivamente.

En la figura No. 1.1.5 se aprecia el comportamiento del proceso de precipitación en la ciudad de San Gil determinado por la variabilidad climática. Esta figura muestra en forma sencilla los cambios que han sucedido en los valores totales anuales en la precipitación desde el año de 1975 hasta el año 2012 y allí se observa claramente que en los años 1991, 1992 y 2007 se presentaron los valores anuales totales más bajos, los cuales comprendieron 537 mm, 491 mm y 447 mm respectivamente; mientras que en los años 1982, 2010 y 2011 se presentaron los valores totales anuales más altos, los cuales llegaron a 1034 mm, 1155 mm y 1149 mm respectivamente.

En la figura No. 1.1.6 se observa el comportamiento del proceso de escorrentía superficial (expresado en caudales) en el río Fonce en la ciudad de San Gil, determinado por la variabilidad climática e hidrológica. En esta figura se concluye que los valores anuales medios máximos (en color naranja oscuro en la figura) desde el año de 1955 hasta el año 2012 sucedieron en los años 1981 y 2011 con 235 m³ por segundo y 236 m³ por segundo respectivamente; mientras que los valores anuales medios más bajos (en color rojo en la figura) se presentaron en los años 1959 y 1977 con 19 m³ por segundo y 18 m³ por segundo respectivamente.

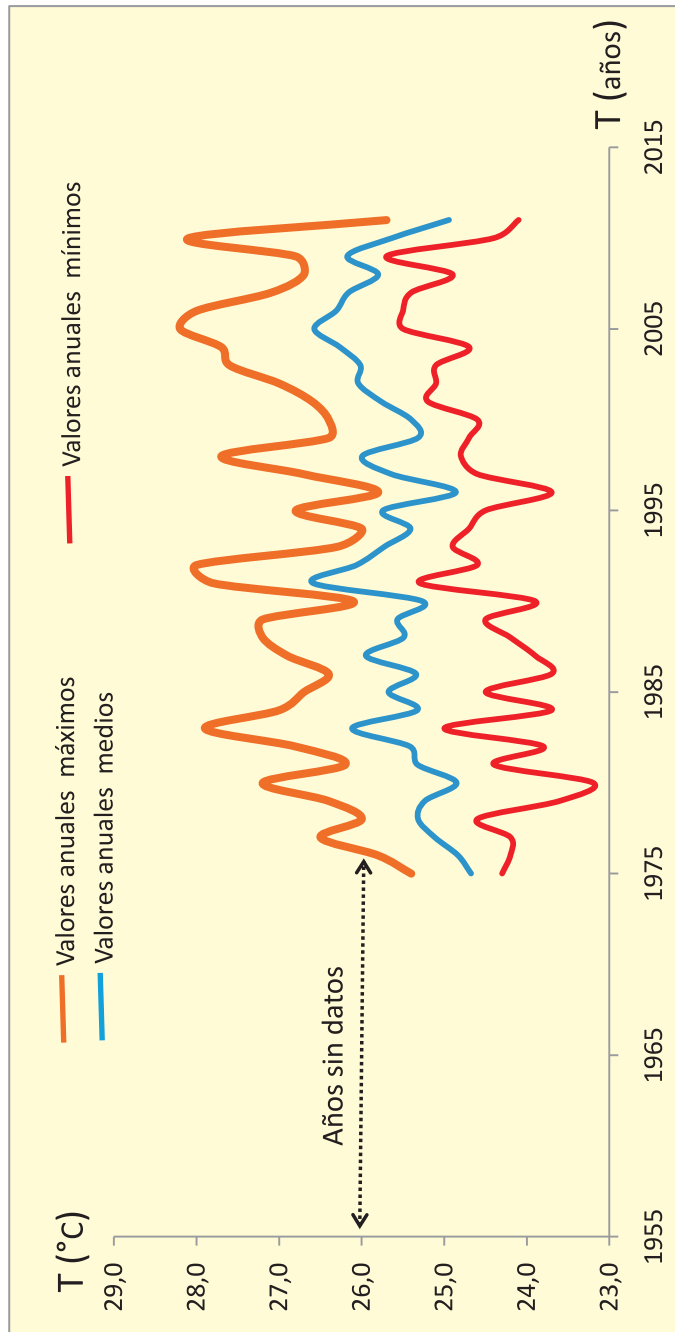


Figura No. 1.1.4. Comportamiento de los valores medios anuales de la Temperatura en San Gil. Elaborado por los autores. Fuente de datos: IDEAM

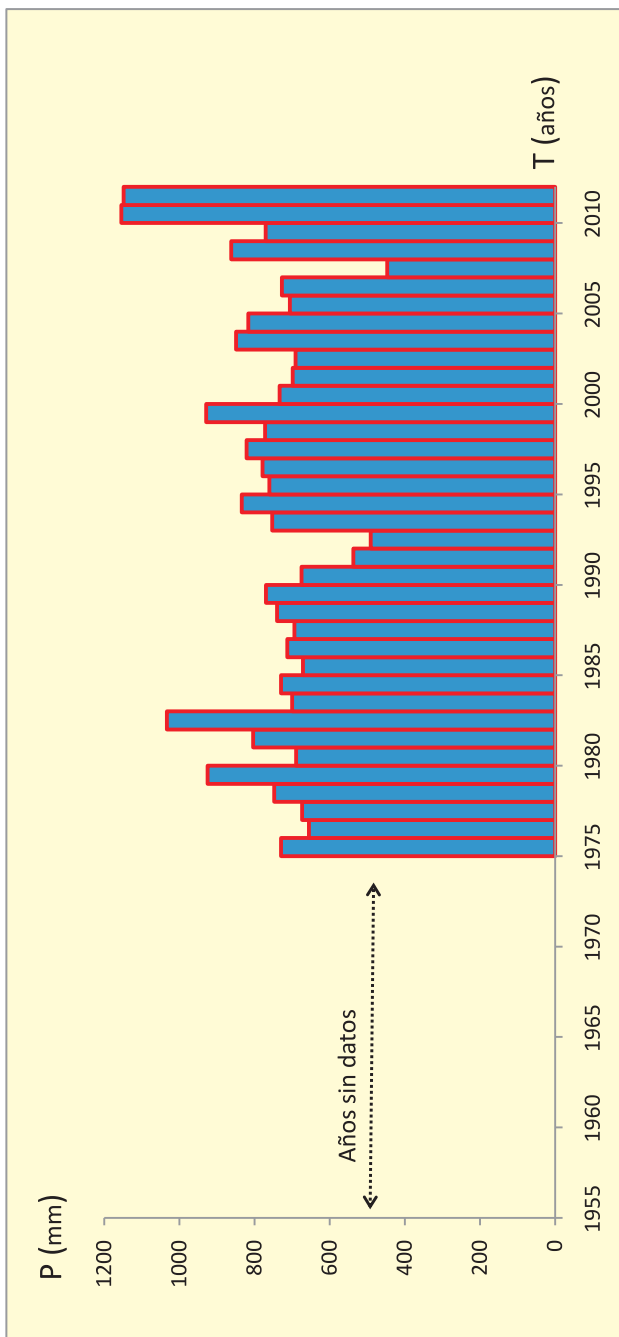


Figura No. 1.1.5. Comportamiento de los valores totales anuales de la precipitación en San Gil. Elaborado por los autores. Fuente de datos: IDEAM

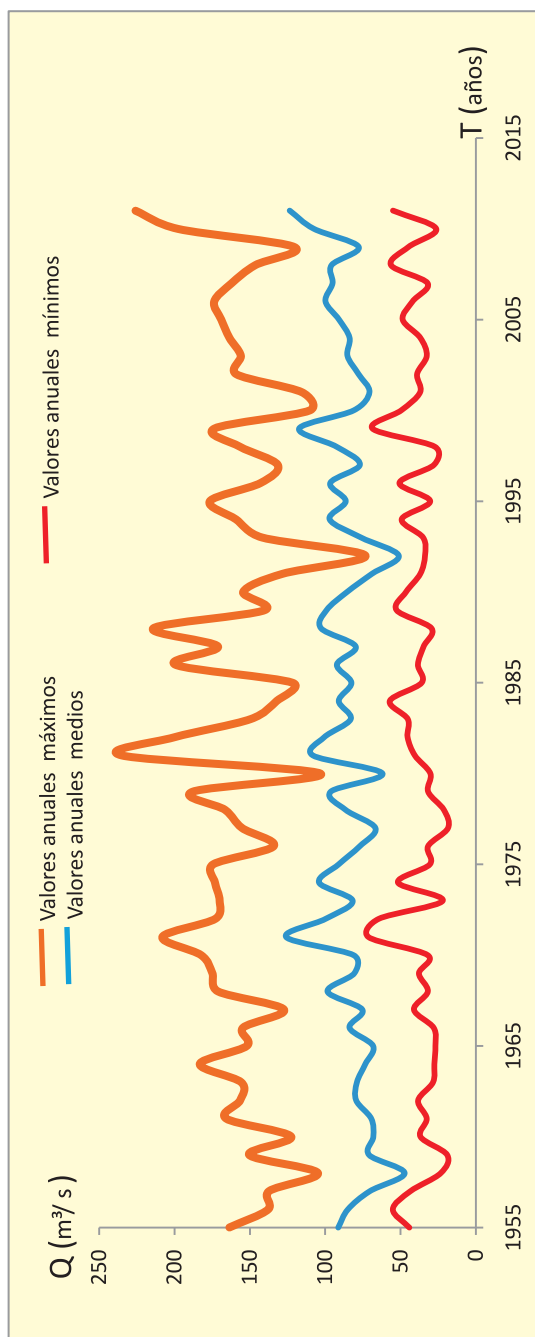


Figura No. 1.1.6. Comportamiento de los valores medios anuales de los caudales en el río Fonce en San Gil.
Elaborado por los autores. Fuente de datos: IDEAM.

De acuerdo con la OMM (1992) el cambio climático ó cambio de clima “abarca todas las formas de inconstancia climática (esto es, cualesquiera diferencias entre las estadísticas a largo plazo de los elementos meteorológicos calculados para distintos períodos pero respecto a la misma zona”. Es importante entender que cuando se hable de cambio climático debemos referirnos estrictamente a cambios que se observan a largo plazo en las interpretaciones estadísticas de los fenómenos o procesos que suceden en la atmósfera. Existen otras definiciones sobre este concepto; sin embargo, el gran esfuerzo de científicos de diversos países concluyó en el Vocabulario Meteorológico Mundial de la OMM que presenta el concepto de cambio climático aquí citado.

No obstante las diversas versiones del concepto de cambio climático, es importante resaltar que el cambio climático significa un cambio histórico en el comportamiento de la atmósfera que definitivamente altera los patrones estadísticos de referencia. No se trata de lluvias con consecuencias graves para la sociedad, porque estas consecuencias para la mayoría de los casos en Colombia se originan en parte en un modelo de ocupación del territorio promovido por los tomadores de decisión sin conocimientos científicos firmes y válidos; tampoco se trata de temperaturas altas que generan incendios, dado que la mayoría de incendios se deben a factores humanos. Frecuentemente se suele afirmar que el cambio climático está generando desabastecimiento de agua, aun cuando en realidad el fenómeno de desabastecimiento en la mayoría de pueblos y ciudades del país se debe única y exclusivamente a la falta de conocimientos para la previsión de los períodos de estiaje, a la ausencia de recursos para mejorar la infraestructura y a la costumbre histórica de poblar cuencas con muy baja oferta hídrica, entre otros aspectos.

De otra parte, para el caso del territorio suramericano ya se tiene consenso científico internacional en que el origen del Fenómeno El Niño y La Niña con sus manifestaciones en temperaturas altas, lluvias copiosas ó escasas y aguas altas ó bajas en los cuerpos hídricos, no tienen relación directa con el cambio climático. Una discusión amplia sobre el manejo erróneo del concepto de cambio climático es presentada por la Red Prohimet (www.prohimet.org), que reúne científicos provenientes de más de 18 países iberoamericanos y en el sitio web: www.hydrostochastic.com.

A manera de ilustración sencilla del concepto de cambio climático en las siguientes figuras se presentan algunas conclusiones sobre los comportamien-

tos anuales promedios de los procesos de temperatura, precipitación y escoorrentía superficial (expresados en caudales) en la ciudad de San Gil (Santander) influenciados por el fenómeno de Cambio Climático a nivel local.

En la figura No. 1.1.7 se logra identificar una leve tendencia al aumento en los valores de la temperatura anual media (en color azul en la figura), anual media máxima (en color verde en la figura) y anual media mínima (en color rojo en la figura). Como se puede apreciar, la tendencia al aumento de temperatura es más clara en los valores mínimos medios anuales a partir del año 1997 y cada año se aprecia con mayor gradiente. De acuerdo con estos registros y estadísticas es de esperar que en el futuro cercano se mantenga la tendencia al aumento de la temperatura (aunque no se descartan días más fríos que lo habitual) en San Gil y de allí la importancia de los estudios futuros sobre las causas de estos cambios en los grupos de investigación de las universidades con sedes en la región.

De acuerdo con la figura No. 1.1.8 que muestra el comportamiento de la precipitación total anual, en San Gil no se logra identificar tendencia alguna al aumento o disminución en los valores de la precipitación. Este hecho constituye un gran valor a futuro para los estudios científicos de las universidades con asentamiento en San Gil y demás municipios en Santander, dado que a pesar de que la temperatura muestra tendencia al aumento en valores medios anuales no existe aparentemente una correlación directa de ésta con la precipitación. Por el contrario, en los años 2010 y 2011 se presentaron los valores más altos en la historia del registro meteorológico que se tiene hasta la fecha.

En cuanto al comportamiento de los valores de los caudales anuales medios ilustrado en la figura No. 1.1.9 se concluye que no se puede identificar tendencia alguna al aumento o disminución. Este hecho constituye otro gran valor para las universidades, dado que a pesar de que la temperatura muestra tendencia al aumento en valores medios anuales no existe aparentemente una correlación directa de ésta con la escoorrentía. Por el contrario, en el año 2011 se presentó el valor medio de caudal más alto en la historia del registro hidrológico que se tiene hasta la fecha. Es posible que por ahora la regulación de la vegetación, montañas y laderas, valles y suelos, se imponga ante el aumento de la temperatura y sus consecuencias.

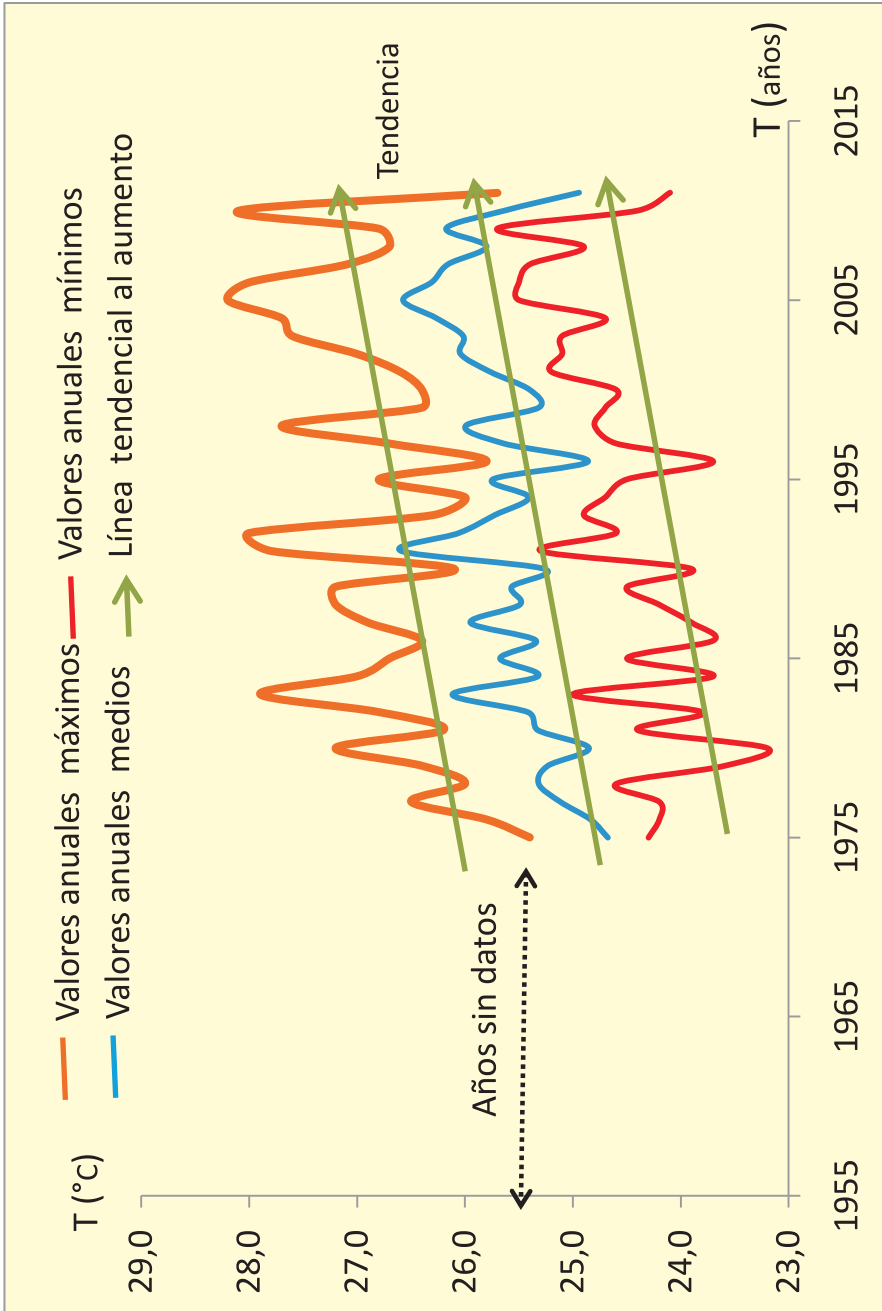


Figura No. 1.1.7. Identificación de leves tendencias al aumento en el comportamiento de los valores medios anuales de la temperatura en San Gil. Elaborado por los autores. Fuente de datos: IDEAM.

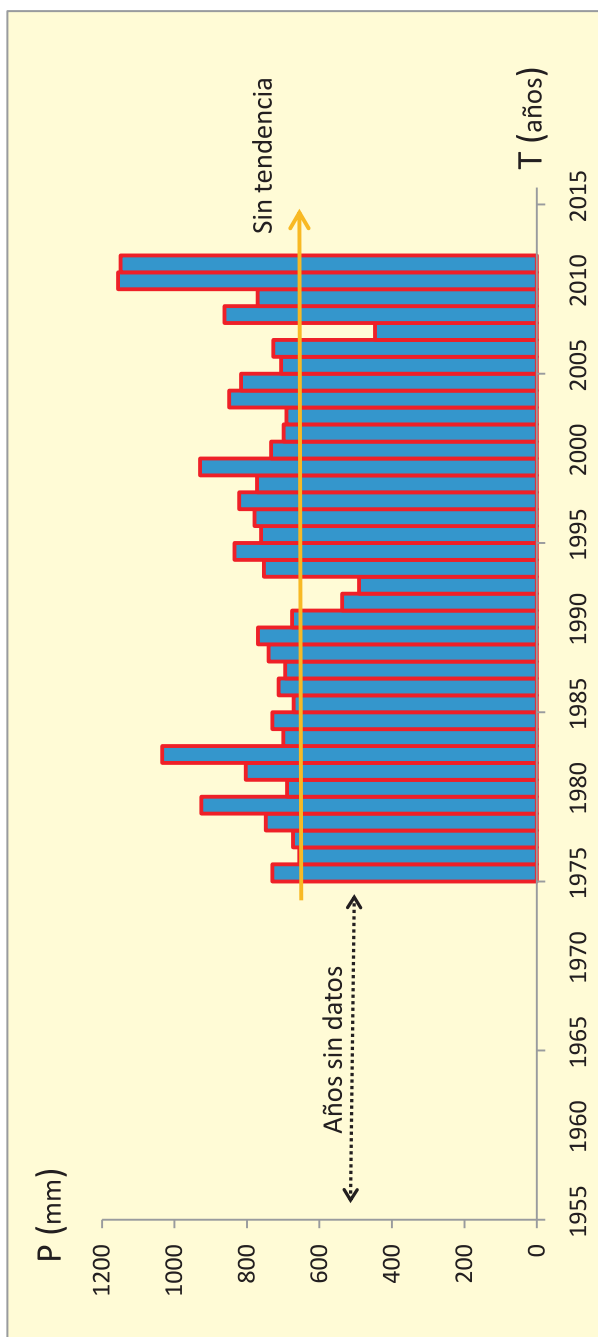


Figura No. 1.1.8. Identificación de tendencias en el comportamiento de los valores anuales totales de las precipitaciones en San Gil.
Elaborado por los autores. Fuente de datos: IDEAM.

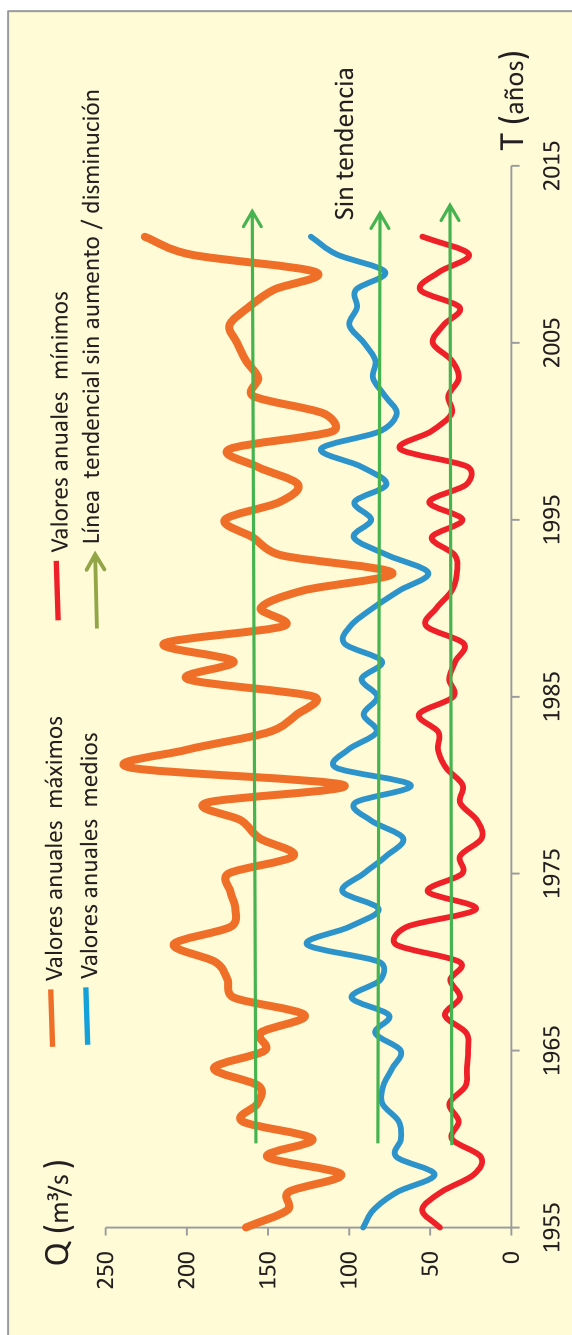


Figura No. 1.1.9. Identificación de tendencias en el comportamiento de los valores medios anuales de los caudales en el río Fonce en San Gil. Elaborado por los autores. Fuente de datos: IDEAM.

Además de la búsqueda de tendencias a futuro en los comportamientos de los procesos de temperatura, precipitación y escorrentía superficial, también es importante comparar los momentos estadísticos en períodos diferentes. Como se anunciará en el subcapítulo siguiente, los expertos del IDEAM establecieron el período de 1971-2000 como referente histórico con el cual se comparan los escenarios de cambio climático oficiales de los períodos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100; por ello, en la tabla 1.1.1 se presentan los momentos estadísticos entre lo sucedido en el período de referencia de los años 1971-2000 y lo sucedido en los últimos diez años (entre 2001-2010).

Tabla 1.1.1. Comparación de los momentos estadísticos de las series de temperatura, precipitación y escorrentía en los períodos de 1971-2000 y 2001-2010 para los valores anuales. Elaborada por los autores.

Proceso	Nombre del momento (según las muestras cortas)	Valor / Período	
		1971-2000	2001-2010
Temperatura media anual	Media	25,5	26,1
	Desviación estándar	0,4	0,3
	Coeficiente de variación	0,02	0,01
	Coeficiente de asimetría aprox.	0,4	0,1
	Coeficiente de curtosis aprox.	0,5	-0,3
Precipitación total anual	Media	744,7	772,4
	Desviación estándar	111,4	178,5
	Coeficiente de variación	0,3	0,2
	Coeficiente de asimetría aprox.	0,3	0,5
	Coeficiente de curtosis aprox.	1,7	2,7
Caudales medios anuales	Media	86,5	88,5
	Desviación estándar	14,7	11,4
	Coeficiente de variación	0,2	0,1
	Coeficiente de asimetría aprox.	-0,3	0,1
	Coeficiente de curtosis aprox.	0,4	-0,7

Aunque estadísticamente es demasiado prematuro concluir sobre los aumentos o disminuciones de los momentos estadísticos entre ambos períodos, además de contar con muestras muy cortas en tiempo, es importante hacer seguimiento en los próximos años a las diferencias halladas. En general, las medias de las muestras aumentan en la última década, mientras que los coeficientes de variación disminuyen (lo cual puede estar asociado a la longitud de las series).

Una gama diversa de ejemplos sencillos sobre el uso adecuado de los conceptos antes citados se presentó durante las jornadas de capacitación que lideró el conjunto de expertos de la Universidad Nacional de Colombia en los municipios de Vélez, Socorro, San Gil, Barrancabermeja y Málaga.

La siguiente es una breve reseña de la capacitación brindada. El curso se programó para ser realizado en diferentes sitios en la jurisdicción de CAS, en fechas diversas y dirigido a una gran variedad de público. Los profesionales asignados por la Universidad Nacional de Colombia fueron: Hebert Gonzalo Rivera (Ph. D. en Hidrología), Daniel Pabón Caicedo (Ph. D. en Meteorología), Elsa Astrid Ulloa Cubillos (Ph. D. en Antropología), Diana Carolina Palacio Gómez (Especialista), Fernando Salazar Holguín (Especialista) y Oscar Acevedo Amaya (Especialista).

El curso trató en forma detallada los temas sobre escenarios de cambio climático, riesgos, su interpretación y modelación, la oferta hídrica y la disponibilidad per cápita de agua, entre otros indicadores del agua. En el tema de escenarios de cambio climático se presentaron los alcances de las visiones a futuro lideradas por el IPCC en cuanto a las emisiones se refiere, sus limitaciones y su generalidad para el planeta; en cuanto a riesgos se detallaron los métodos cualitativos para su determinación por impactos de cambio climático. Se desarrolló el tema especial de perspectivas culturales del clima, su reseña, sus alcances y provecho científico, también se trabajaron los impactos de los escenarios de cambio climático en los indicadores del agua, así como también la gestión de los recursos naturales. Por último, en el marco de la modelación científica de impactos se trató el modelo MEST (Matter, Energy, Space and Time), núcleo fundamental del fenómeno del cambio climático y modelo conceptual que restringe la previsión del futuro.

El curso se realizó en el año 2012 en acuerdo entre las partes en los municipios de Vélez (el 7 de mayo), en Socorro (el 8 de mayo), en Barrancabermeja (el 9 de mayo), en Málaga (el 14 de mayo) y en San Gil (el 18 de mayo), fue impartido en idioma español, con participación de asistentes de diferentes entidades e instancias locales, con una duración superior a las ocho (8) horas en total, en varias sesiones.

En el curso para toda la jurisdicción de la CAS se registraron en total 368 asistentes (61 en Vélez, 86 en Socorro, 40 en Barrancabermeja, 85 en Málaga y 96 en San Gil), provenientes de diferentes entidades y organizaciones (CAS, Alcaldías, Policía Nacional, Veedurías, Bomberos, Consorcios, Universidades, Colegios, Umata, Empresas de Acueducto, Defensa Civil, Cabildos Verdes, SENA, entre otros).

Durante el desarrollo del curso se logró constatar la necesidad de aclarar el alcance de los conceptos sobre tiempo atmosférico, variabilidad climática, clima, cambio climático, escenarios y prospección de la dinámica atmosférica. También se identificó que a nivel local se requiere fortalecer la importancia del monitoreo de las variables meteorológicas e hidrológicas mediante la creación y operación de redes hidrometeorológicas. En las figuras No. 1.1.10 y 1.1.11 se muestran algunas imágenes de los asistentes al curso.

Durante el desarrollo de los cursos se constató que los conceptos de cambio climático son tratados sin rigurosidad científica por la gente del común y en ello ha jugado un rol de alta influencia los medios de comunicación.



Figura 1.1.10. Participantes en el curso en San Gil.



Figura 1.1.11. Participantes en el curso en Vélez

I.2. Premisas foráneas y nacionales para la construcción de escenarios de cambio climático a nivel nacional

La producción de conocimiento sobre el cambio climático en Colombia es de origen foráneo y prácticamente la mayoría de métodos para su estudio son formulaciones planteadas en formas de hipótesis o teorías desarrolladas en Universidades del extranjero.

Conceptualmente, un escenario de cambio climático oficial en Colombia contempla las siguientes aseveraciones: a) el planeta está sintiendo el efecto de invernadero; b) el efecto de invernadero se debe a la influencia e impacto en la atmósfera de los gases de efecto de invernadero; c) el efecto de invernadero genera una acumulación de calor en el planeta que se expresa en el aumento de la temperatura a nivel del planeta y en algunos sitios en particular; d) el aumento de temperatura en el planeta está registrado desde hace décadas y se presume que a futuro (para las próximas décadas) seguirá aumentando; e) el aumento de la temperatura en el futuro alterará el estado de la atmósfera a largo plazo generando con ello el fenómeno de cambio climático; f) los escenarios de desarrollo económico que son el soporte para la producción de escenarios de cambio climático para Colombia toman como patrón de referencia las consideraciones científicas del Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC (por sus siglas en inglés) sin ninguna alteración o replanteamiento de acuerdo con las situaciones locales reales que se viven en las diferentes regiones del país.

Según los expertos del IPCC (2000), se tiene que “las emisiones futuras de gases de efecto invernadero - GEI son el producto de muy complejos sistemas dinámicos, determinado por fuerzas tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socio-económico o el cambio tecnológico. Su evolución futura es muy incierta. Los escenarios son imágenes alternativas de lo que podría acontecer en el futuro, y constituyen un instrumento apropiado para analizar de qué manera influirán las fuerzas determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis. Los escenarios son de utilidad para el análisis del cambio climático, y en particular para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para las iniciativas de adaptación y de mitigación. La posibilidad de que en la realidad las emisiones evolucionen tal como se describe en algunos de estos escenarios es muy remota”.

Lo anterior permite aseverar entonces lo siguiente: a) dado que la evolución futura de las emisiones de los GEI es muy incierta, entonces los resultados de los estudios que se soportan en ella también debe ser muy incierta; b) teniendo en cuenta que los mismos expertos del IPCC consideran que la posibilidad de que en realidad evolucionen las emisiones así como se plantean en los escenarios es muy baja (poco probable o muy remota), entonces poco probables serán los resultados que ofrecen los escenarios de cambio climático en varios casos, en particular los escenarios para Colombia.

Además de lo anterior, se deben tener en cuenta las siguientes premisas (ver la tabla No. 1.2.1) de la construcción de los escenarios de cambio climático para el caso de Colombia (Adaptado por Rivera H., 2012).

Tabla 1.2.1. Descripción de los considerandos de desarrollo social, tecnológico y económico para la construcción de escenarios de cambio climático

Tipo de escenario	Familia	Planteamiento del mundo futuro
A	A1	Un rápido crecimiento, una población mundial que alcanza su nivel máximo hacia mediados del siglo y disminuye después, y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.
	A2	Un mundo muy heterogéneo, con autosuficiencia y conservación de las identidades locales, una población mundial en continuo crecimiento, desarrollo económico orientado a las regiones, el crecimiento económico por habitante y el cambio tecnológico está más fragmentado y son más lentos. Este es el mundo que mejor caracteriza a los países en Latinoamérica.
B	B1	Un mismo mundo convergente con una población que alcanza su máximo a mediados de siglo y empieza a declinar, con rápidos cambios de las estructuras económicas, con aprovechamiento eficaz de los recursos, utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias.
	B2	Un mundo con predominancia de las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, la población aumenta progresivamente a un ritmo menor al del A2, con niveles de desarrollo económico intermedios.

Fuente: Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2000).

Es importante señalar que los considerandos de desarrollo social, tecnológico y económico para la construcción de escenarios de cambio climático del IPCC descartan en forma tajante los fenómenos de enfriamiento global y permanente que otras agencias internacionales contemplan para el planeta y que se consolidará a partir del año 2040 según sus expertos.

A partir de los escenarios de mundos futuros del IPCC, los expertos en cada país o región con modelos especiales y de alta complejidad generan las producciones posibles de gases de efecto invernadero y éstas correlacionadas con los procesos atmosféricos ofrecen como resultados los escenarios específicos de cambio climático de procesos como la precipitación, temperatura, humedad relativa, entre otros. Los escenarios de estos procesos se han publicado en dos oportunidades para el caso de Colombia, a saber, en la Primera y Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en los años de 2001 y 2010 respectivamente.

Aunque en Colombia se percibe una gran aceptabilidad de los resultados de las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático en las instituciones pertenecientes al Sistema Nacional Ambiental – SINA, en los centros de investigación y academia en general se consideran otras hipótesis y teorías sobre este fenómeno complejo. Entre estas hipótesis y teorías se citan las siguientes: a) el calentamiento obedece a la actualidad y se podrá esperar un enfriamiento a futuro; b) el rol de los gases de efecto invernadero en el cambio climático es menor al del proceso planetario de la evaporación; c) existen causas mayores a los gases de efecto invernadero que generan el fenómeno de cambio climático como son la escretofagia y quimiofagia; d) el fenómeno de cambio climático se presentará por causas naturales relacionadas a la radiación solar y no tanto por factores humanos.

1.3. Interpretación de los escenarios de cambio climático

En la Segunda Comunicación Nacional Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático publicada por el Instituto Científico IDEAM en el año 2010, se presenta una gama diversa de escenarios de cambio climático para el país, en donde se pueden apreciar desde el nivel nacional las situaciones a futuro para el caso de la jurisdicción de la CAS.

De acuerdo con los expertos del IDEAM (2010) se corrieron varios modelos “con el fin de reducir la incertidumbre del clima futuro (2011-2100) para la precipitación y la temperatura de Colombia”. Entre la diversidad de modelos se aplicaron los siguientes: ERA40 (UK), CCM3 (USA), CAM (USA), ECHAM4 (ALEMANIA), PRECIS (UK), entre otros. Finalmente, los expertos del IDEAM concluyeron que dada la diversidad de modelos aplicados sobre mundos imaginarios para conocer los impactos de los escenarios, es recomendable presentar las conclusiones según un modelo de tipo ensamble, el cual permite generalizar los impactos y así no dar prioridad a los resultados de un modelo en particular.

Según el IDEAM (2010), los resultados de la corrida de los modelos diversos muestran en términos generales que, en promedio, la temperatura media aumentaría 1,4 °C para el período 2011-2040, 2,4 °C para 2041-2070 y 3,2 °C para el lapso 2071-2100; para el caso de la humedad relativa se concluye que “la señal de cambio climático es mayor hacia finales de siglo XXI (2071-2100). Las disminuciones más significativas de esta variable meteorológica, de acuerdo con los modelos, se obtuvieron en Tolima, Quindío y Huila a lo largo del siglo XXI; no obstante, la pérdida de humedad más significativa, se calculó para el período 2071-2100, en especial para sectores de los departamentos de Tolima, Norte de Santander, Huila, Quindío, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Sucre, Bolívar, Santander, Nariño, La Guajira y Risaralda”. Los impactos en el proceso de precipitación son muy variados según las regiones diversas del país, aunque se espera que los mayores cambios se presenten en el período 2071-2100.

En esta publicación los rangos de afectación a causa del cambio climático en las Zonas de Vida de Holdridge (ZVH), en la Pérdida de Suelo (E) y en la Disponibilidad Per Cápita de Agua (D.P.A.) para la jurisdicción de la CAS se interpretan para los escenarios de cambio climático de los períodos 2011-2040 y 2071-2100, dado que para este último período se esperan los mayores impactos en la precipitación y temperatura y en el primero se tienen las primeras señales de afectación.

Los mapas oficiales de los escenarios de temperatura, precipitación y humedad se pueden consultar en la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático en el sitio web: <http://www.pnud.org.co/sitio.shtml?apc=d-a-1--&x=62593#.UY65SGdqrHQ> (consultada el 23 de enero de 2013).

Es importante tener plena claridad sobre lo que muestran los escenarios oficiales de cambio climático, a saber: a) se mapean situaciones futuras de los procesos de temperatura, precipitación y humedad relativa que están soportados en imaginarios de desarrollo social, económico y tecnológico; b) estos imaginarios propuestos por el IPCC pueden cambiar radicalmente a futuro y en realidad el comportamiento humano y natural no precisamente podrían seguir el mismo camino o trayectoria planteado por el IPCC; c) las situaciones futuras mapeadas y publicadas para Colombia muestran sólo valores promedios sin identificar los comportamientos anuales o mensuales para el país; d) los diferentes modelos aplicados muestran grandes diferencias en sus resultados; e) los escenarios oficiales expresados en mapas muestran una situación posible con el fin de orientar las decisiones hacia tendencias, pero no son resultados que se deban esperar en forma segura a futuro.

De acuerdo con los científicos internacionales Hasselman Klaus y Obujhov A., una de las mayores debilidades de la modelación de la dinámica de la atmósfera es la no inclusión de la incertidumbre en los cálculos de las proyecciones en el comportamiento de las variables de la atmósfera e hidrósfera. Es el caso de los modelos aplicados en la mayoría de países como el PRECIS y otros, en los cuales no se tienen en cuenta las incertidumbres que generan los escenarios de desarrollo tecnológico, social y económico del IPCC. Así las cosas, en la práctica la generación de escenarios no utiliza modelos con incertidumbre y por ello son menos validos sus resultados.

En la búsqueda de soluciones a este problema científico se considera importante que para dar mayor solidez a las simulaciones de escenarios de cambio climático se debe incluir la incertidumbre en los modelos, lo que podría obligar a utilizar la Teoría Moderna de Probabilidades, en la cual los procesos estocásticos juegan un rol primordial. En los procesos estocásticos se utilizan los conceptos de ruido blanco, proceso Wiener o Brown y se cree que con soporte en estas abstracciones matemáticas se logre obtener mejores resultados, al menos más cercanos a la realidad. Sin embargo, esta teoría no es fácil de llevar a la práctica tanto en meteorología como en hidrología, dada la formación débil de los investigadores del ámbito de la meteorología e hidrología en Teoría de la Medida y Probabilidad, en la cual el rol de las sigmas álgebras (que contienen la información que puede determinar el comportamiento futuro de la atmósfera e hidrósfera) es primordial.

Los procesos estocásticos vienen siendo aplicados en ingeniería, economía y sociología para solucionar problemas que en términos de tiempos se refieren a corto plazo y en niveles espaciales de escalas pequeñas. Los mejores intentos de modelar la dinámica de la atmósfera con soporte en ellos la logró el científico Hasselman Klauss en Alemania en la década de los años 70 y en Rusia por el Profesor Obujhov en los años 60 aplicando en meteorología el modelo de Einstein, conocido como modelo Fokker-Planck-Kolmogorov. La dificultad en su aplicación en forma masiva por otros expertos hizo que estos logros se opacaran y se abandonaran en los últimos años.

Así las cosas, existe todo un reto científico en el área de modelación de escenarios de cambio climático, el cual se espera afrontar con éxito en tal forma que la sociedad y la comunidad en general reciba de parte de los científicos información veraz y con alto grado de credibilidad. Por ahora, los mapas de escenarios que generan los expertos en cada país permanecerán en un mar de incertidumbre.

2. IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN JURISDICCIÓN DE LA CAS.



GUACAMAYA - ÁRA MACAO

En el territorio de la jurisdicción de la CAS se encuentra una gama diversa de recursos naturales con relaciones muy complejas entre ellos mismos y sometidos en algunos municipios a presiones humanas de uso y aprovechamientos muy fuertes. Uno de los factores principales que determina esta complejidad es el clima, el cual está influenciado por el comportamiento de la atmósfera y ésta a su vez depende de la dinámica de la radiación solar que llega a nuestro planeta.

El agua, la cobertura vegetal, el suelo, la atmósfera y la biodiversidad son riquezas naturales que ofrecen bienes y servicios para el desarrollo humano que deben protegerse ante el futuro climático que se prevé para la jurisdicción de la CAS. Por ello, en este esfuerzo institucional por parte de la CAS se pretenden identificar las alteraciones que puedan sucederse a raíz del cambio climático en algunos aspectos de la dinámica de los recursos naturales renovables.

Así las cosas, en este capítulo se presentan la identificación de los impactos de los escenarios oficiales de cambio climático (en los períodos de 2011-2040 y 2071-2100) en las zonas de vida de Holdridge, en la pérdida de suelo y en la disponibilidad per cápita de agua; así como también se deducen los riesgos que podrían devenir ante el clima futuro según los impactos en los factores antes señalados (zonas de vida de Holdridge, erosión del suelo y disponibilidad per cápita de agua).

A pesar de la poca información local existente sobre la dinámica de los recursos naturales, estos impactos identificados para la jurisdicción de la CAS logran mostrar una situación futura (aunque no segura) que permitirá orientar la toma de decisiones en materia de uso, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales renovables.

Es importante resaltar que el conocimiento científico sobre los impactos que se identificaron podrá variar rotundamente en la medida en que estos estudios se realicen con modelos más adecuados a la realidad de la región, también en la medida en que se tenga disponible información local y actualizada con el devenir de los años.

La tipificación del riesgo ambiental futuro, se realiza según el siguiente criterio.

Riesgo	Color	Criterio
Bajo		Cuando al menos uno de los factores tiene señales leves de alteración
Medio		Cuando al menos uno de los factores tiene señales medianas de alteración
Alto		Cuando al menos uno de los factores tiene señales fuertes de alteración

2.1. Impacto de los escenarios de cambio climático en las zonas de vida de Holdridge

El concepto de zonas de vida de Holdridge es ampliamente conocido en el sector ambiental en nuestro país. No obstante los primeros estudios que permitieron clasificar al país bajo este concepto vienen desde los años 60, aún en la actualidad existen regiones y municipios para los cuales se carece de este conocimiento.

Las zonas de vida de Holdridge en la práctica son una clasificación de espacios geográficos que tienen en común tres aspectos fundamentales, a saber: la altura sobre el nivel del mar, la temperatura y la precipitación. Para el caso del Trópico, en el cual se encuentra Colombia, sobresalen la temperatura y la precipitación, aspectos correspondientes al comportamiento de la atmósfera en un espacio geográfico determinado.

En general, una “Zona de Vida” como espacio geográfico muestra una relación directa entre las plantas, los animales y las actividades humanas. En cada una de las zonas de vida existen especies diversas y combinaciones entre fauna y flora.

El conocimiento ambiental actual permite aseverar que el estudio de la biodiversidad en determinado espacio geográfico o territorio se puede profundizar si se conocen en forma detallada las zonas de vida de Holdridge. La fauna y la flora están determinadas por la temperatura, la precipitación y por la dinámica entre ambas, entre otros factores. Por ello, resulta imperioso conocer los impactos de los escenarios de cambio climático en las zonas de vida de Holdridge, de tal forma que a futuro se tomen las decisiones de conservación de la biodiversidad en jurisdicción de la CAS.

En este estudio la clasificación de las zonas de vida de Holdridge fue obtenida con información secundaria y sólo es un referente orientativo. Está claro que las zonas identificadas podrán variar rotundamente en la medida en que estos estudios se realicen con información local y actualizada con el devenir de los años. Las clases de zonas de vida de Holdridge se ilustran con los símbolos y respectivas denominaciones en la Tabla 2.1.1.

Tabla 2.1.1. Símbolos y denominación de las zonas de vida de Holdridge.

Símbolo	Denominación de la zona de vida de Holdridge
Bs-T	Bosque seco tropical
Bh-T	Bosque húmedo tropical
Bmh-T	Bosque muy húmedo tropical
Bp-T	Bosque pluvial tropical
Md-PM	Matorral desértico premontano
Bs-PM	Bosque seco premontano
Bh-PM	Bosque húmedo premontano
Bmh-PM	Bosque muy húmedo premontano
Bp-PM	Bosque pluvial premontano
Md-MB	Matorral desértico montano bajo
Bs-Mb	Bosque seco montano bajo
Bh-Mb	Bosque húmedo montano bajo
Bmh-MB	Bosque muy húmedo montano bajo
Bp-MB	Bosque pluvial montano bajo
Md-M	Matorral desértico montano
Bh-M	Bosque húmedo montano
Bmh-M	Bosque muy húmedo montano
Bp-M	Bosque pluvial montano
Md-SA	Matorral desértico subalpino
Mh-SA	Monte húmedo subalpino

La clasificación de las zonas de vida de Holdridge (ZVH) se realizó para tres períodos temporales, a saber: a) para el referente histórico que comprende los valores de temperatura y precipitación en el período 1971-2000; b) para el escenario de cambio climático 2011-2040 y c) para el escenario de cambio climático 2071-2100.

En las figuras No. 15, 16 y 17 se presentan las extensiones espaciales de las zonas de vida Holdridge para los tres períodos en estudio (1971-2000 denominado período actual, 2041-270 y 2071-2100) en Santander; mientras que en las tablas No. 2.1.2-2.1.4 se establecen sus denominaciones para cada uno de los municipios, según la Provincia a la cual pertenecen.

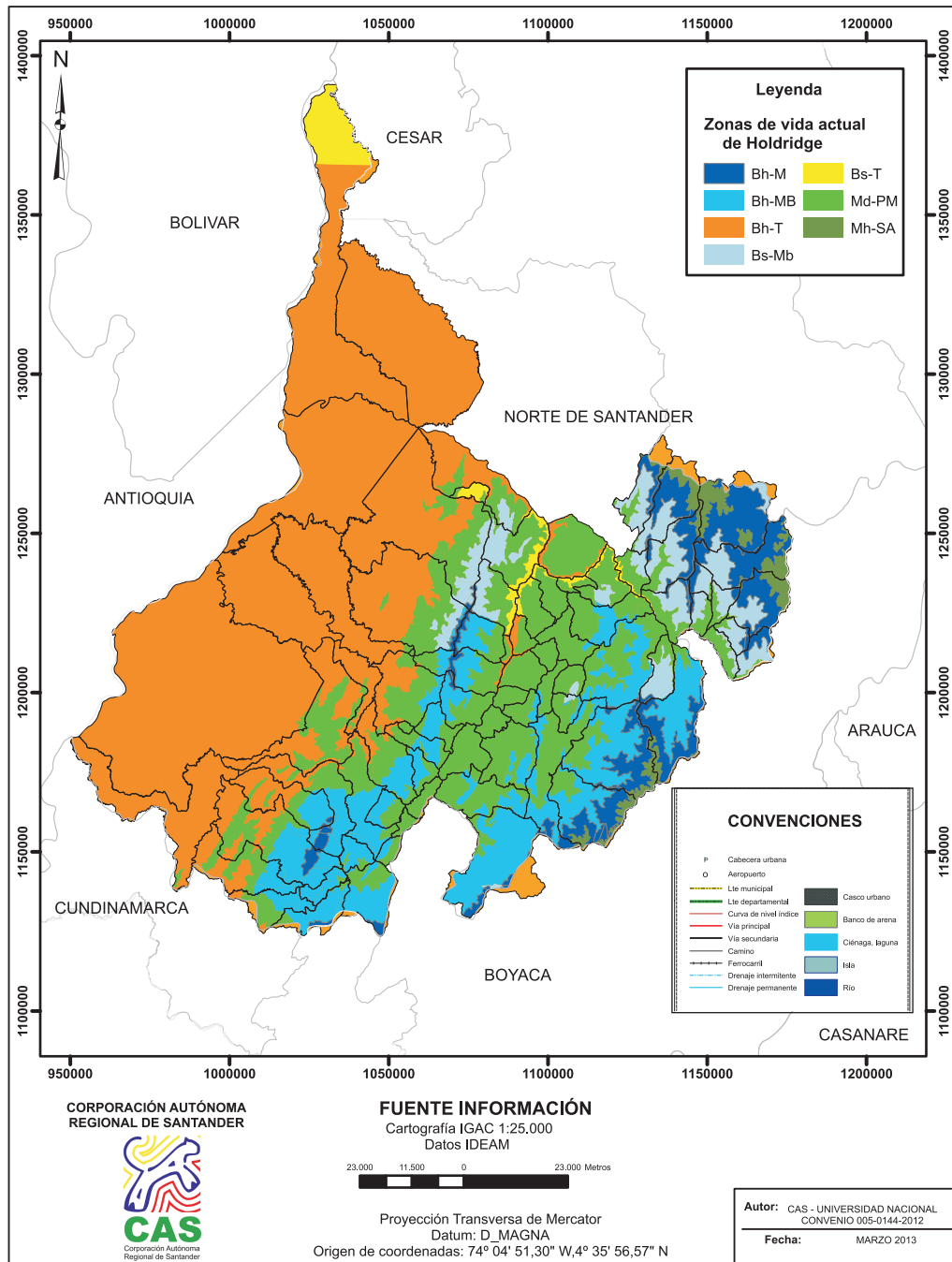


Figura 2.1.1 Esquema general de la distribución espacial de las zonas de vida de Holdridge en Santander en el período de 1971-2000.

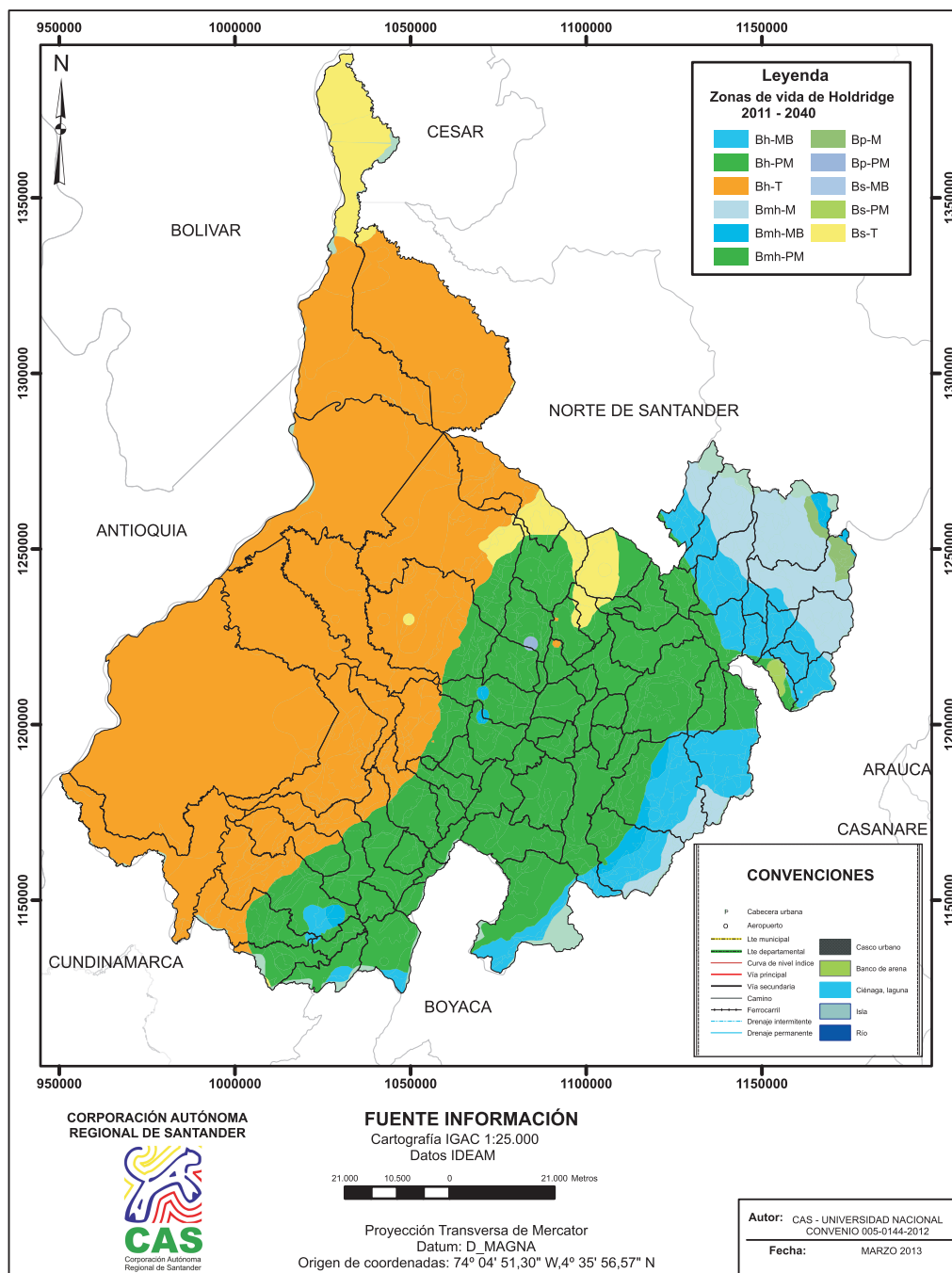


Figura 2.1.2 Esquema general de la distribución espacial de las zonas de vida de Holdridge en Santander en el periodo de 2011-2040.

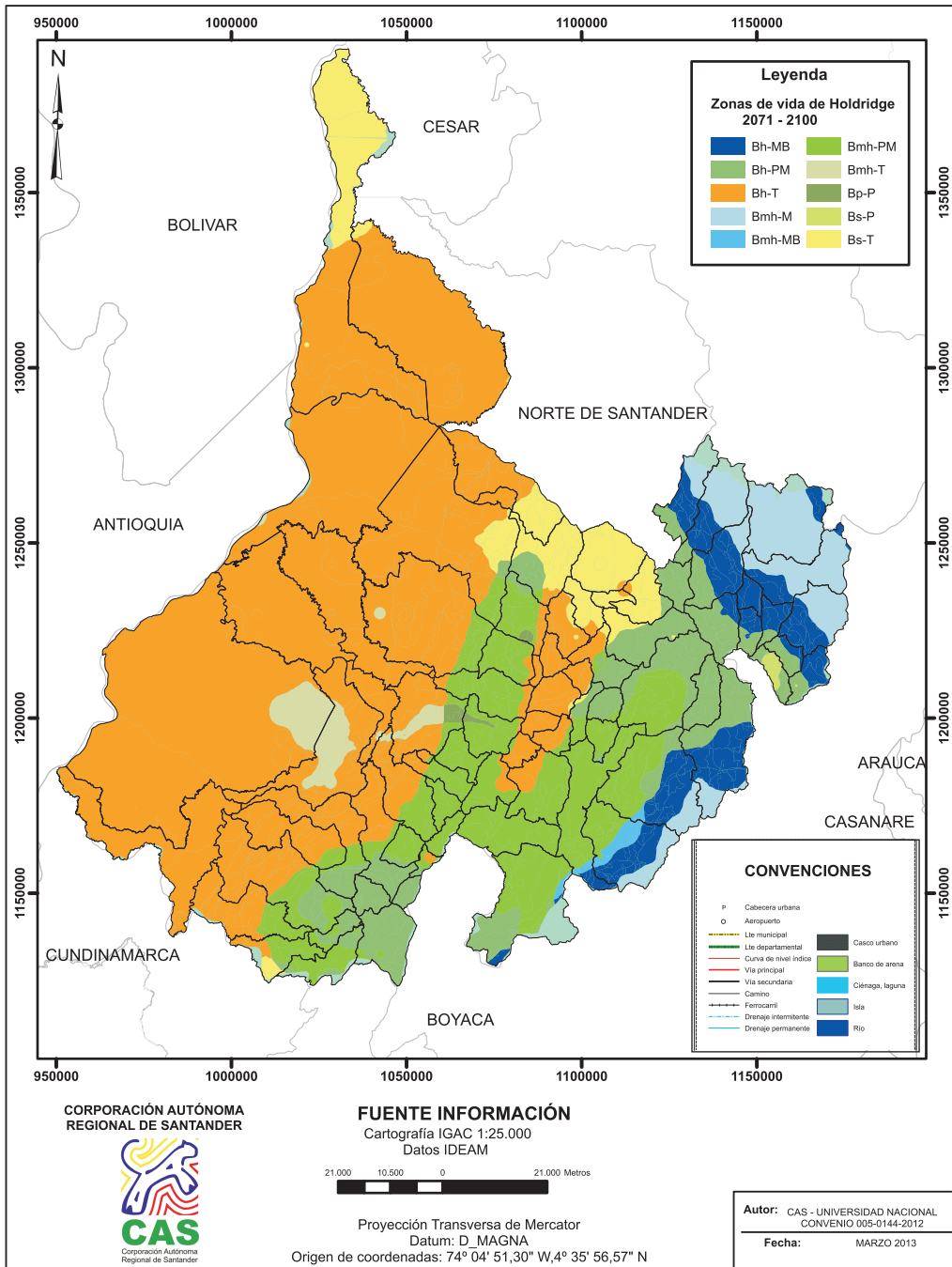


Figura 2.1.3 Esquema general de la distribución espacial de las zonas de vida de Holdridge en Santander en el periodo de 2071-2100.

Tabla 2.1.2. Zonas de vida de Holdridge para el referente histórico (ZVH actual), período 2011-2040 y 2071-2100, en los municipios de la Provincia Mares. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH Actual	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100
Barrancabermeja	Bh-T	Bh-T	Bh-T, Bs-T, Bh-Mb, Bmh-M
Cimitarra	Bh-T, Md-PM	Bh-T	Bh-T, Bmh-M, Bs-T, Bmh-PM, Bh-PM, Bmh-T
El Carmen	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb, Bh-M, Bs-Mb	Bh-T, Bmh-PM, Bs-T	Bs-T, Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM, Bmh-T, Bp-PM
Puerto Parra	Bh-T	Bh-T	Bh-T, Bmh-M, Bmh-PM, Bh-PM
Puerto Wilches	Bh-T, Bs-T	Bh-T, Bs-T	Bh-T, Bs-T, Bh-Mb
Sabana de Torres	Bh-T	Bs-T, Bh-T	Bs-T, Bh-T, Bh-Mb, Bh-PM
Simacota	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb, Bh-M, Bs-Mb	Bmh-PM, Bh-T, Bmh-Mb	Bh-T, Bmh-PM, Bp-PM, Bs-T, Bh-PM, Bmh-T

Como se puede apreciar, los mayores cambios en las ZVH en la Provincia Mares se esperan en el período de 2071-2100 y todos los municipios (a excepción de Puerto Wilches) sufrirán las mayores alteraciones en cantidad y diversidad de ZVH.

Tabla 2.1.3. Zonas de vida de Holdridge para el referente histórico (ZVH actual), período 2011-2040 y 2071-2100, en los municipios de la Provincia Guanentina. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH Actual	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100
San Gil	Md-PM, Bh-Mb	Bh-PM, Bmh-PM	Bs-T, Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM, Bh-Mb, Bp-PM
Aratoca	Bh-T, Bs-T, Md-PM, Bs-Mb, Bh-Mb	Bh-PM, Bmh-PM	Bs-T, Bh-T, Bh-PM, Bmh-T
Barichara	Bs-T, Md-PM, Bh-T	Bh-PM, Bs-T, Bh-T, Bmh-PM	Bs-T, Bmh-M, Bh-T, Bh-Mb, Bmh-PM, Bs-Pm
Cabrera	Bs-T, Md-PM, Bh-T	Bh-T, Bmh-PM	Bh-T, Bs-T, Bh-Mb
Cepita	Md-PM, Bs-Mb, Bh-T, Bh-M, Bs-T	Bh-PM, Bh-Mb	Bh-PM, Bs-T, Bmh-PM, Bh-T, Bmh-T, Bh-Mb
Charalá	Md-PM, Bh-Mb, Bh-M, Mh-SA	Bmh-PM, Bmh-M, Bh-PM, Bh-Mb, Bmh-Mb	Bmh-PM, Bh-PM, Bh-T, Bh-Mb, Bmh-M, Bmh-Mb
Coromoro	Bh-M, Mh-SA, Md-PM, Bh-Mb	Bh-Mb, Bmh-M, Bmh-PM, Bh-PM, Bmh-Mb	Bh-PM, Bh-Mb, Bmh-PM, Bmh-M, Bh-Mb

Curití	Md-PM, Bs-Mb, Bs-T, Bh-Mb	Bh-PM	Bh-PM, Bmh-T, Bs-T, Bh-T, Bmh-PM, Bh-Mb
Encino	Md-PM, Bh-Mb, Bh-M, Mh-SA	Bmh-PM, Bh-Mb, Bmh-M, Bmh-Mb	Bh-Mb, Bh-PM, Bmh-M, Bmh-Mb, Bmh-PM
Jordán	Bh-T, Bs-T, Md-PM, Bs-Mb, Bs-Mb	Bs-T, Bh-PM, Bmh-PM	Bmh-M, Bs-T, Bh-PM, Bh-T
Mogotes	Bs-T, Md-PM, Bh-Mb, Bh-M, Bs-Mb	Bh-PM, Bmh-PM, Bh-Mb, Bmh-Mb	Bh-PM, Bh-Mb, Bs-T, Bmh-PM
Ocamonte	Md-PM, Bh-Mb, Bs-Mb	Bmh-PM, Bh-PM	Bh-PM, Bmh-PM, Bp-PM, Bh-Mb
Onzaga	Bs-Mb, Md-PM, Bh-M, Mh-SA	Bh-Mb, Bh-PM, Bmh-M	Bh-PM, Bh-Mb, Bmh-Mb, Bmh-M
Páramo	Md-PM, Bh-Mb	Bh-PM, Bmh-PM	Bh-T, Bmh-PM, Bh-Mb, Bs-PM, Bp-PM, Bh-PM
Pinchote	Md-PM, Bh-T	Bh-PM, Bmh-PM	Bh-T, Bs-T, Nmh-PM, Bh-Mb, Bs-PM, Bh-PM
San Joaquín	Md-PM, Bs-Mb, Bh-M, Bh-Mb	Bh-PM, Bh-Mb	Bh-PM, Bmh-PM, Bh-Mb
Valle de San José	Md-PM, Bh-Mb, Bs-Mb	Bmh-PM, Bh-PM	Bh-PM, Bmh-PM, Bp-PM
Villanueva	Bh-T, Bs-T, Md-PM	Bs-T, Bh-PM, Bmh-PM	Bmh-M, Bs-T, Bh-T, Bh-Mb, Bmh-PM, Bh-PM

Como se puede apreciar, los mayores cambios en las ZVH en la Provincia Guanentina se esperan en el período de 2041-2071, dado que sucederán alteraciones drásticas. Aunque en el período 2071-2100 se esperan cambios en diversidad de zonas, en la mayoría de municipios estos cambios permiten mantener una de las zonas del período histórico de referencia (excepto los municipios Valle de San José y Onzaga).

Tabla 2.1.4. Zonas de vida de Holdridge para el referente histórico (ZVH actual), período 2011-2040 y 2071-2100, en los municipios de la Provincia Comunera. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH Actual	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100
Socorro	Md-PM, Bh-T, Bs-Mb, Bh-Mb	Bmh-PM, Bh-PM	Bs-T, Bh-T, Bh-Mb, Bp-PM, Bmh-PM, Bs-PM
Chima	Md-PM, Bh-Mb, Bh-M	Bmh-PM, Bmh-Mb	Bmh-PM, Bh-T, Bp-PM, Bh-Pm
Confines	Md-PM, Bs-Mb, Bh-Mb	Bmh-PM	Bh-T, Bh-PM, Bh-Mb, Bmh-PM

Contratación	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM	Bh-T, Bmh-PM
El Guacamayo	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM, Bh-T	Bh-T, Bmh-T, Bmh-Pm, Bh-PM
Galán	Bs-T, Md-PM, Bs-Mb, Bh-M, Bh-Mb, Bh-T	Bmh-Pm, Bh-PM, Bp-PM, Bh-T	Bh-PM, Bh-T, Bmh-PM, Bp-PM, Bh-Mb, Bs-T
Gambita	Bh-Mb, Md-PM, Bh-M, Bs-Mb	Bh-PM, Bmh-PM, Bh-Mb	Bmh-PM, Bmh-M, Bh-PM, Bh-T, Bh-Mb
Guadalupe	Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM	Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM
Guapota	Md-PM	Bmh-PM	Bh-T, Bmh-PM
Hato	Bh-T, Md-Pm, Bh-Mb, Bh-M	Bmh-PM, Bp-PM	Bh-T, Bmh-PM, Bp-PM
Oiba	Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM	Bh-Mb, Bmh-PM, Bh-T, Bh-PM
Palmar	Bh-T, Md-PM	Bmh-PM	Bh-T, Bs-T
Palmas del Socorro	Bh-T, Md-Pm	Bmh-PM	Bh-PM
Suaita	Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM, Bh-PM	Bh-Mb, Bh-PM, Bh-T, Bmh-PM

De acuerdo con estos resultados se esperan cambios drásticos en ambos escenarios de cambio climático, lo cual convierte a la Provincia Comunera en la mayor afectada, dado que en la mayoría de sus municipios se sentirán los efectos del cambio climático en el más amplio lapso de tiempo

Tabla 2.1.5. Zonas de vida de Holdridge para el referente histórico (ZVH actual), período 2011-2040 y 2071-2100, en los municipios de la Provincia García Rovira.

Municipio	ZVH Actual	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100
Málaga	Bs-Mb, Bh-M, Md-PM	Bh-Mb, Bmh-M	Bh-T, Bh-Mb, Bs-T, BH-PM
Capitanejo	Md-PM, Bs-Mb	Bh-Mb	Bh-T, Bh-Mb
Carcasi	Bh-M, Mh-SA, Md-PM, Bs-Mb	Bmh-M, Bh-Mb	Bh-Mb, Bmh-M, Bh-PM, Bh-T, Bs-PM

Cerrito	Mh-SA, Bh-M, Bs-Mb	Bmh-M, Bmh-Mb, Bp-M	Bmh-M, Bh-Mb, Bh-M
Concepción	Bh-M, Mh-SA, Md-PM, Bs-Mb	Bmh-M, Bh-Mb	Bmh-M, Bh-M, Bh-T, Bh-Mb
Enciso	Md-PM, Bs-Mb, Bh-M, Mh-SA	Bh-Mb, Bmh-M	Bh-T, Bh-Mb, Bs-PM, Bh-Mb. Bh-Pm
Guaca	Mh-SA, Md-PM, Bs-Mb, Bh-M	Bmh-Mb, Bh-Mb, Bh-PM	Bmh-M, Bh-Mb, Bh-PM
Macaravita	Bs-Mb, Bh-M, Md-PM	Bh-Mb, Bmh-M, Bh-PM, Bs-Mb	Bmh-PM, Bh-T, Bh-Mb, Bh-PM, Bs-PM
Molagavita	Bh-T, Md-PM, Bs-T, Bs-Mb, Bh-M	Bh-PM, Bh-Mb	Bmh-PM, Bh-T, Bh-PM, Bh-Mb, Bs-T
San Andrés	Bs-Mb, Bh-M, Mh-SA, Bh-T, Md-PM	Bmh-M, Bh-PM, Bh-Mb	Bh-Mb, Bmh-M, Bh-PM, Bh-T, Bmh-PM. Bs-T
San Miguel	Md-PM, Bs-Mb, Bh-M	Bh-Mb, Bs-Mb, Bs-PM	Bh-T, Bh-Mb, Bs-PM, Bh-PM
San José de Miranda	Md-PM, Bs-Mb, Bh-M	Bh-Mb, Bh-Pm	BH-T, Bs-T, Bh-PM, Bh-Mb

Estos resultados permiten aseverar que los impactos en la Provincia García Rovira se sentirán en forma similar en ambos escenarios, con cambios fuertes por la aparición de nuevas zonas de vida en cada uno de los municipios.

Tabla 2.1.6. Zonas de vida de Holdridge para el referente histórico (ZVH actual), período 2011-2040 y 2071-2100, en los municipios de la Provincia Vélez. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH Actual	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100
Vélez	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb	Bh-T, Bh-PM, Bmh-PM	Bh-T, Bmh-M, Bmh-T, Bmh-PM, Bh-PM
Aguada	Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM	Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM
Albania	Md-PM, Bh-Mb, Bh-T, Bh-M, Bs-Mb	Bmh-PM, Bh-PM, Bh-Mb	Bh-PM, Bmh-PM, Bs-T, Bh-Mb, Bh-T, Bmh-M
Barbosa	Md-PM, Bh-Mb	Bh-PM	Bmh-PM, Bh-PM
Bolívar	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb, Bh-M	Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM, Bmh-PM	Bmh-PM, Bh-T, Bh-PM

Chipatá	Md-PM, Bh-Mb	Bh-PM, Bmh-PM	Bmh-PM, Bh-T, Bh-Mb
El Peñón	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb, Bh-M	Bh-T, Bmh-PM, Bh-T	Bh-T, Bmh-PM
Florián	Bh-Mb, Bh-T, Md-PM	Bh-PM, Bs-T, Bmh-PM, Bh-Mb, Bh-T	Bmh-PM, Bh-T, Bh-PM, Bh-PM, Bh-Mb, Bmh-M, Bs-T
Guavata	Bh-Mb, Md-PM	Bh-PM	Bh-PM, Bmh-PM, Bh-T
Guepsa	Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM, Bh-PM	Bmh-PM. Bh-Mb, Bh-PM
Jesús María	Md-PM, Bh-Mb	Bh-PM, Bmh-PM, Bh-Mb, Bmh-Mb	Bmh-PM, Bh-PM, Bh-T
La Belleza	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb	Bh-T, Bmh-PM, Bh-Mb, Bh-PM	Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM, Bs-T
La Paz	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb	Bmh-PM, Bh-T	Bh-T, Bmh-T, Bmh-PM, Bh-Mb
Landázuri	Bh-T, Md-PM	Bh-T, Bmh-T	Bmh-M, Bmh-T, Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM
Puente Nacional	Md-PM, Bh-Mb, Bs-Mb, Bh-M	Bh-PM, Bh-Mb, Bmh-PM	Bh-PM, Bmh-PM, Bs-T, Bh-T
Santa Helena del Opón	Bh-Mb, Bh-T, Md-PM	Bh-T, Bmh-PM	Bh-T, Bmh-PM, Bmh-T, Bp-PM
San Benito	Md-PM	Bmh-PM	Bh-PM, Bmh-PM, Bh-T, Bh-Mb
Sucre	Bh-T, Md-PM, Bh-Mb, Bh-M	Bm-Mb, Bmh-Mb	Bh-T, Bmh-PM, Bh-PM

Los impactos de los escenarios para el caso de la Provincia Vélez se sentirán en forma similar en ambos escenarios, con cambios fuertes por la aparición de nuevas zonas de vida en cada uno de los municipios. e hidrósfera del territorio nacional.

Tabla 2.1.6. Zonas de vida de Holdridge para el referente histórico (ZVH actual), período 2011-2040 y 2071-2100, en los municipios de la Provincia Enlace. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH Actual	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100
Betulia	Bh-T, Md-PM, Bs-Mb, Bs-T	Bh-T, Bs-T, Bh-PM	Bs-T, Bh-T, Bh-PM, Bmh-PM, Bh-Mb, Bmh-M
Los Santos	Bh-T, Md-PM, Bs-Mb, Bs-T	Bs-T, Bh-PM, Bmh-PM	Bs-T, Bmh-M, Bh-PM, Bh-T
Santa Bárbara	Bh-M, Mh-SA, Md-PM, Bs-Mb	Bmh-M, Bh-PM, Bh-Mb	Bmh-M, Bh-Mb, Bh-PM
San Vicente del Chucurí	Bh-T, Md-PM, Bh-M, Bs-T, Bs-Mb	Bh-T, Bs-T, Bh-PM, Bmh-PM	Bh-T, Bs-T, Bmh-PM, Bh-M, Bmh-M, Bp-PM, Bh-PM, Bmh-T
Zapotoca	Bh-T, Md-PM. Bs-Mb, Bs-T	Bs-T, Bh-PM, Bh-T, Bmh-PM	Bs-T, Bh-T, Bh-PM, Bmh-M, Bh-Mb, Bmh-PM

Se esperan para los municipios de la Provincia Enlace impactos leves, aunque en forma generalizada para ambos escenarios en cada uno de los municipios.

En cuanto al impacto que generarán los escenarios oficiales de cambio climático en las zonas de vida de Holdridge en jurisdicción de la Cas se puede concluir: a) en las Provincias (excepto Guanentina) se esperan mayores cambios en el escenario de 2071-2100; b) en la Provincia Comunera se esperan los mayores y más drásticos cambios; c) en la Provincia Enlace se tendrán los impactos menores.

2.2. Impacto de los escenarios de cambio climático en la pérdida de suelo

La pérdida de suelo es uno de los ámbitos científicos que en Colombia cuenta con pocos estudios, particularmente para el territorio de la jurisdicción de la CAS es un reto científico novedoso, toda vez que a la fecha no se cuenta con mediciones en campo a detalle sobre las propiedades del recurso suelo.

Ante la situación de información en detalle y primaria, para las estimaciones mediante el modelado de la pérdida de suelo se suele utilizar en forma aproximada información secundaria y del nivel nacional que permiten obtener una idea general sobre la cantidad de suelos (en toneladas por períodos de tiempo) que se pierde.

En este sentido, en nuestro país se viene aplicando el modelo USLE (Universal Soil Loss Equation), el cual permite formarse una idea general como primera aproximación científica sobre la pérdida de suelo en determinado sitio y tiempo.

El modelo USLE correlaciona cuatro factores fundamentales que determinan la cantidad (expresada en toneladas por período de tiempo) de suelo que podría perderse a través de la erosión potencial, a saber: el factor C, K, LS y R. El factor C relaciona los usos del suelo en determinado municipio, el factor K incluye propiedades de erosionabilidad del suelo, el factor LS incluye características de las pendientes del suelo y el factor R muestra la erosividad de la lluvia.

En este estudio se aplica el modelo USLE en la versión presentada por la FAO, siendo ésta modificada por los autores para su aplicación ante los impactos de los escenarios de cambio climático en los períodos de 2011-2040 y 2071-2100. Las estimaciones de los parámetros C, K y LS se llevaron a cabo para el período histórico de referencia y los valores obtenidos se mantuvieron constantes para los períodos 2011-2040 y 2071-2100; mientras que los valores de R se obtuvieron para los períodos 1971-2000, 211-2040 y 2071-2100 (en las situaciones más adversas como lo son las alteraciones de las precipitaciones hacia el aumento mayor) según la fórmula de la FAO modificada para períodos largos de tiempo, obteniéndose sus características medias (valores medios multianuales).

En las tabla 2.2.1-2.2.6 se presentan los valores promedios de los factores C, K, LS para el período referente histórico (calculados según la información disponible en los estudios del IGAC) para cada uno de los municipios de las Provincias. Es importante resaltar que estos valores podrán variar rotundamente en la medida en que estos estudios se realicen con información local y actualizada con el devenir de los años.

Tabla 2.2.1. Valores promedios de los factores C, K, LS para los municipios de la Provincia Mares. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Factor C	Factor K	Facto LS
Barrancabermeja	0,43	0,22	0,69
Cimitarra	0,38	0,24	1,75
El Carmen	0,50	0,22	9,93
Puerto Parra	0,38	0,29	1,09
Puerto Wilches	0,40	0,26	0,38
Sabana de Torres	0,42	0,23	0,75
Simacota	0,49	0,26	6,56

En la Provincia Mares el mayor valor del factor C se presenta en el municipio El Carmen, mientras que para el factor K se tiene en el municipio Puerto Parra y para el factor LS en el municipio Cimitarra.

Tabla 2.2.2. Valores promedios de los factores C, K, LS para los municipios de la Provincia Guantánamo. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Factor C	Factor K	Facto LS
San Gil	0,52	0,22	7,60
Aratocha	0,47	0,22	15,04
Barichara	0,48	0,21	7,09
Cabrera	0,56	0,21	7,64
Cepita	0,59	0,21	19,11
Charalá	0,47	0,21	9,18
Coromoro	0,44	0,20	15,63
Curití	0,48	0,22	8,94
Encino	0,45	0,17	14,38
Jordán	0,44	0,22	17,82
Mogotes	0,50	0,23	12,21
Ocamonte	0,58	0,21	9,21

Onzaga	0,47	0,18	17,02
Páramo	0,58	0,23	7,15
Pinchote	0,52	0,21	7,08
San Joaquín	0,51	0,21	16,83
Valle de San José	0,59	0,21	7,76
Villanueva	0,37	0,21	10,57

En la Provincia Guanentina el mayor valor del factor C se presenta en los municipios Cepita y Valle de San José, mientras que para el factor K se tiene en el municipio Mogotes y para el factor LS en el municipio Cepita.

Tabla 2.2.3. Valores promedios de los factores C, K, LS para los municipios de la Provincia Comunera. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Factor C	Factor K	Facto LS
Socorro	0,51	0,23	6,26
Chima	0,52	0,24	14,69
Confines	0,58	0,23	5,93
Contratación	0,50	0,24	13,27
El Guacamayo	0,52	0,22	11,11
Galán	0,49	0,23	15,58
Gambita	0,45	0,17	9,94
Guadalupe	0,55	0,22	6,42
Guapota	0,53	0,23	5,41
Hato	0,48	0,24	15,59
Oiba	0,48	0,21	5,83
Palmar	0,57	0,21	8,17
Palmas del Socorro	0,54	0,23	5,16
Suaita	0,53	0,22	6,45

En la Provincia Comunera el mayor valor del factor C se presenta en el municipio Confines, mientras que para el factor K se tiene en los municipios Chima, Contratación y Hato y para el factor LS en el municipio Hato.

Tabla 2.2.4. Valores promedios de los factores C, K, LS para los municipios de la Provincia García Rovira. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Factor C	Factor K	Facto LS
Málaga	0,57	0,12	10,75
Capitanejo	0,42	0,21	13,75
Carcasi	0,45	0,15	12,92
Cerrito	0,39	0,13	11,94
Concepción	0,43	0,12	11,23
Enciso	0,45	0,17	14,38
Guaca	0,44	0,16	13,87
Macaravita	0,46	0,20	14,74
Molagavita	0,56	0,20	16,81
San Andrés	0,50	0,17	16,10
San José de Miranda	0,53	0,18	14,33
San Miguel	0,55	0,20	14,31

En la Provincia García Rovira el mayor valor del factor C se presenta en el municipio Málaga, mientras que para el factor K se tiene en el municipio Capitanejo y para el factor LS en el municipio Molagavita.

Tabla 2.2.5. Valores promedios de los factores C, K, LS para los municipios de la Provincia Vélez. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Factor C	Factor K	Facto LS
Vélez	0,48	0,19	8,62
Aguada	0,53	0,18	12,25
Albania	0,45	0,12	8,06
Barbosa	0,56	0,22	3,85
Bolívar	0,43	0,24	6,28
Chipatá	0,53	0,18	8,29
El Peñón	0,41	0,22	11,94
El Florián	0,43	0,20	11,95

Guavata	0,58	0,23	6,83
Guepsa	0,65	0,22	6,44
Jesús María	0,50	0,19	7,90
La Belleza	0,41	0,21	10,66
La Paz	0,51	0,19	8,72
Landázuri	0,50	0,23	10,31
Puente Nacional	0,50	0,18	5,21
Santa Helena del Opón	0,53	0,21	9,93
San Benito	0,65	0,21	8,10
Sucre	0,43	0,21	9,59

En la Provincia Guanentina el mayor valor del factor C se presenta en los municipios San Benito y Guepsa, mientras que para el factor K se tiene en el municipio Bolívar y para el factor LS en el municipio Aguada.

Tabla 2.2.6. Valores promedios de los factores C, K, LS para los municipios de la Provincia Enlace. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Factor C	Factor K	Facto LS
Betulia	0,46	0,25	11,59
Los Santos	0,39	0,23	11,88
Santa Bárbara	0,42	0,14	17,66
San Vicente del Chucurí	0,53	0,22	6,67
Zapatoca	0,46	0,22	14,57

En la Provincia Enlace el mayor valor del factor C se presenta en el municipio San Vicente del Chucurí, mientras que para el factor K se tiene en el municipio Betulia y para el factor LS en el municipio Santa Bárbara.

De acuerdo con estos resultados se puede afirmar que por condiciones históricas naturales: a) el mayor valor del factor C (igual a 0,65) relacionado con los usos del suelo se presentó en la Provincia Vélez, mientras que su menor valor (igual a 0,37) lo ostenta la Provincia Guanentina; b) el mayor valor del

factor K (igual a 0,29) relacionado con la erosionabilidad se presentó en la Provincia Mares, mientras que su menor valor (igual a 0,12) lo ostentan las Provincias Vélez y García Rovira; c) el mayor valor del factor LS (igual a 19,11) relacionado con las características de las pendientes del suelo se presentó en la Provincia Guanentina, mientras que su menor valor (igual a 0,38) lo ostenta la Provincia Mares.

En las tablas 2.2.7-2.2.12 se presentan los valores promedios del factor R para el período referente histórico y para los períodos de los escenarios de cambio climático de 2011-2040 y 2071-2100 y los correspondientes valores de la pérdida de suelo E para los mismos períodos de tiempos.

Las estimaciones mediante el modelado del comportamiento del el factor R que se relaciona con la erosividad de la lluvia se llevó a cabo bajo situaciones de mayor y menor afectación en cada uno de los períodos (1971-2000, 2011-2040 y 2071-2100), aplicando el modelo de la FAO modificado por los autores. La modificación consistió en aplicar la formulación de la FAO a valores multianuales, toda vez (como se señaló en el subcapítulo 1.2) los escenarios de cambio climático no publican valores anuales sino valores multianuales.

El modelado del factor R siguió el siguiente procedimiento: a) se tomaron los valores espaciales del comportamiento de la precipitación para el período 1971-2000 (R referente); b) posteriormente se identifican los cambios de la precipitación según los dos escenarios de cambio climático de acuerdo con los mapas oficiales del IDEAM (períodos 2011-2040 y 2071-2100) con respecto al período de referencia; c) de los cambios identificados en la precipitación se seleccionan aquellos cambios que son más drásticos en el sentido superior e inferior; d) con estos cambios más drásticos se estiman los valores de R a futuro con respecto al período de referencia. Los procedimientos a detalle se ilustran en el Informe Final del Convenio. Esta metodología arrojó en algunos casos valores iguales del factor R tanto para el escenario de 2011-2040 como para 2071-2100.

Tabla 2.2.7. Valores promedios del factor R y de la pérdida de suelo E para los municipios de la Provincia Mares e impactos por cambio climático. Elaborado por los autores.

Municipio	R referente	R 2011-2040	R 2071-2100	E referente	E 2011-2040	E 2071-2100
Barrancabermeja	266	346	400	17	23	26
Cimitarra	249	323	323	39	51	51
El Carmen	222	289	334	240	311	360
Puerto Parra	280	364	420	34	44	51
Puerto Wilches	272	354	354	11	14	14
Sabana de Torres	282	367	367	21	27	27
Simacota	226	294	339	189	245	283

De acuerdo con estos resultados se esperan valores superiores de 200 toneladas de pérdida de suelo en la Provincia Mares para los municipios El Carmen y Simacota para ambos escenarios.

Tabla 2.2.8. Valores promedios del factor R y de la pérdida de suelo E para los municipios de la Provincia Guantánamo. Elaborado por los autores.

Municipio	R referente	R 2011-2040	R 2071-2100	E referente	E 2011-2040	E 2071-2100
San Gil	198	257	257	170	221	221
Aratocha	152	197	197	241	314	314
Barichara	196	294	294	137	205	205
Cabrera	205	267	308	181	236	272
Cepita	138	180	180	332	432	432
Charalá	236	307	307	214	278	278
Coromoro	209	271	271	289	375	375
Curití	181	235	235	170	220	220
Encino	217	282	282	244	317	317
Jordán	171	223	223	292	380	380
Mogotes	197	256	256	273	355	355
Ocamonte	213	277	277	235	305	305

Onzaga	196	254	254	283	367	367
Páramo	212	276	276	201	262	262
Pinchote	205	266	266	158	205	205
San Joaquín	200	259	259	363	471	471
Valle de San José	205	266	266	193	251	251
Villanueva	188	244	244	156	203	203

Para el caso de la Provincia Guanentina se estiman valores superiores a las 400 toneladas de pérdida de suelo en los municipios Cepita y San Joaquín para ambos escenarios.

Tabla 2.2.9. Valores promedios del factor R y de la pérdida de suelo E para los municipios de la Provincia Comunera. Elaborado por los autores.

Municipio	R referente	R 2011-2040	R 2071-2100	E referente	E 2011-2040	E 2071-2100
Socorro	217	282	325	155	201	232
Chima	247	321	321	447	581	581
Confines	251	326	326	200	260	260
Contratación	242	315	315	376	489	489
El Guacamayo	243	316	316	310	403	403
Galán	203	305	305	358	537	537
Gambita	215	279	279	168	218	218
Guadalupe	272	353	353	214	279	279
Guapota	286	372	372	189	246	246
Hato	213	277	320	377	490	566
Oiba	296	385	385	171	223	223
Palmar	212	191	318	203	183	305
Palmas del Socorro	240	311	311	153	198	198
Suaita	252	328	328	185	241	241

En la Provincia Comunera se encontraron valores superiores a las 500 toneladas de pérdida de suelo en los municipios Chima, Galán y Hato para el escenario de 2071-2100. Esta Provincia será la mayor afectada por la pérdida de suelo en jurisdicción de la CAS.

Tabla 2.2.10. Valores promedios del factor R y de la pérdida de suelo E para los municipios de la Provincia García Rovira. Elaborado por los autores.

Municipio	R referente	R 2011-2040	R 2071-2100	E referente	E 2011-2040	E 2071-2100
Málaga	180	234	234	136	177	177
Capitanejo	179	233	233	222	289	289
Carcasi	190	247	247	170	222	222
Cerrito	165	214	214	98	128	128
Concepción	171	222	222	97	125	125
Enciso	188	245	245	212	276	276
Guaca	179	233	233	172	224	224
Macaravita	163	212	212	223	290	290
Molagavita	192	250	250	361	470	470
San Andrés	177	230	230	240	312	312
San Miguel	189	246	246	298	387	387
San José de Miranda	190	247	247	260	338	338

En concordancia con estos resultados, se esperan valores superiores de 400 toneladas de pérdida de suelo en la Provincia García Rovira para el municipio Molagavita para ambos escenarios.

Tabla 2.2.11. Valores promedios del factor R y de la pérdida de suelo E para los municipios de la Provincia Vélez. Elaborado por los autores.

Municipio	R referente	R 2011-2040	R 2071-2100	E referente	E 2011-2040	E 2071-2100
Vélez	236	307	307	183	237	237
Aguada	243	316	316	286	372	372
Albania	242	266	315	106	116	138
Barbosa	236	260	260	110	121	121
Bolívar	245	318	318	160	207	207
Chipatá	237	261	308	194	213	252
El Peñón	239	311	311	255	331	331

El Florián	246	270	320	247	271	321
Guavata	262	288	288	235	259	259
Guepsa	237	260	308	215	237	280
Jesús María	278	306	361	205	226	267
La Belleza	241	314	314	224	291	291
La Paz	236	307	307	198	257	257
Landázuri	236	306	306	273	354	354
Puente Nacional	239	310	310	116	150	150
Santa Helena del Opón	231	300	300	255	331	331
San Benito	244	268	317	272	299	353
Sucre	246	320	320	216	281	281

En la Provincia Vélez se tendrán valores superiores a 300 toneladas de pérdida de suelo en los municipios Aguada, El Peñón, El Florián, Landázuri, Santa Helena del Opón y San Benito, prácticamente para ambos escenarios.

Tabla 2.2.12. Valores promedios del factor R y de la pérdida de suelo E para los municipios de la Provincia Enlace. Elaborado por los autores.

Municipio	R referente	R 2011-2040	R 2071-2100	E referente	E 2011-2040	E 2071-2100
Betulia	205	266	266	278	361	361
Los Santos	170	221	221	176	229	229
Santa Bárbara	184	239	239	185	240	240
San Vicente del Chucurí	220	286	329	173	0	259
Zapatoca	195	253	253	292	380	380

Para el caso de la Provincia Enlace se estiman valores superiores a las 300 toneladas de pérdida de suelo en los municipios Betulia y Zapatoca para ambos escenarios.

2.3. Impacto de los escenarios de cambio climático en la disponibilidad per cápita de agua

El índice de disponibilidad per cápita de agua (D.P.A.) cuenta en Colombia con más de una década de referencia científica. Según este índice nuestro país ocupó en los años 90 el cuarto lugar de importancia a nivel mundial. En la actualidad el valor promedio de la D.P.A. para Colombia arroja un valor de aproximadamente 40.000 metros cúbicos de agua por habitante.

De acuerdo con el IDEAM (2008) el índice de disponibilidad per cápita de agua permite establecer una relación entre la población de un país, departamento o municipio y la cantidad de agua disponible (oferta hídrica superficial) en las principales fuentes de agua superficial para un año determinado o para un período de tiempo, y se expresa en metros cúbicos por habitante/tiempo.

El conocimiento científico del índice permite identificar situaciones de riesgo por falta de agua para destinar a la población de un municipio, toda vez que establece la cantidad de agua que le correspondería en términos promedios a cada uno de sus habitantes. Por ello, resulta primordial establecer los impactos que generarán los escenarios de cambio climático en la oferta hídrica superficial en jurisdicción de la CAS y posteriormente relacionarlos con las proyecciones de población y así obtener los valores del índice. Todo ello, con el fin de establecer medidas de mitigación y adaptación ante posibles faltas drásticas de agua.

En este estudio la modelación del índice de disponibilidad per cápita de agua se llevó a cabo con información secundaria (valores de escorrentía superficial expresados en oferta hídrica superficial, valores de población expresados en habitantes) y sólo es un referente orientativo. Está claro que los valores obtenidos del índice podrán variar rotundamente en la medida en que estos estudios se realicen con información local y actualizada con el devenir de los años.

La estimación de los valores del índice se realizó para dos períodos temporales, a saber: a) para el escenario de cambio climático 2011-2040 y b) para el escenario de cambio climático 2071-2100. Los valores de la oferta hídrica superficial por municipio para el referente histórico fueron tomados del Estudio

Nacional del Agua (ENA) publicado por el IDEAM en el año 2008. Los municipios de San Andrés y San José de Miranda fueron excluidos de las estimaciones toda vez que carecen de información sobre oferta hídrica superficial. En la práctica este índice se obtiene mediante la división de la oferta hídrica superficial (expresada en valores de volumen de agua) por la cantidad de habitantes por municipio para cada uno de los períodos temporales de las estimaciones.

De acuerdo con la experiencia internacional, se identifican diversas situaciones en la toma de decisiones según el siguiente criterio (IDEAM, ENA 2008):

Categoría	Valor del índice	Observación
Estrés hídrico	1.700 m ³ - 1.001 m ³	La situación amerita ampliar las medidas de adaptación y adecuar dispositivos para el aprovechamiento de aguas lluvias y subterráneas.
Escasez de agua	1.000 m ³ - 501 m ³	Las medidas de ahorro y uso eficiente del agua deben reforzarse y conducir las pérdidas de agua por transmisión y distribución a menos del 5%.
Escasez severa de agua	Igual o menor a 500 m ³	Se presentan problemas de abastecimiento de agua imposibles de superar, el desarrollo económico se restringe fuertemente.

Fuente: Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2008).

A continuación se presenta la afectación de los escenarios de cambio climático en la oferta hídrica superficial, según los resultados presentados en el Estudio Nacional del Agua – ENA del año 2010 (páginas 313-315) elaborado por los expertos del IDEAM para el país. A partir de estas afectaciones se estimaron los impactos en el índice de disponibilidad per cápita de agua a futuro.

Según el ENA del IDEAM (2010, páginas 313-315) se espera según el modelo de escenario de cambio climático tipo ensamble lo siguiente: “la región Andina y Caribe son las más afectadas durante todos los períodos (entre -30% y -10%). Para 2071-2100, el resultado es más crítico aun para la zona Caribe y la Sabana de Bogotá (cambio menor a -30%)”. Así las cosas, se espera que en el territorio de la jurisdicción de la CAS se presenten disminuciones de la oferta hídrica superficial a futuro.

En las tablas 2.3.1-2.3.6 se presentan los valores de la oferta hídrica superficial total (expresados en miles de metros cúbicos de agua) para el período referente histórico (tomados del ENA año 2008) y proyectados para los períodos de 2011-2040 y 2071-2100 y también los valores de la población (expresada en valores de habitantes) para los años 2000, 2040 y 2100 para cada municipio de las Provincias según las tasas de crecimiento publicadas por el DANE (consultadas en la página web institucional www.dane.gov.co) para cada uno de los municipios de las Provincias.

Para el caso de la población del año 2000 los valores fueron tomados de las estadísticas del DANE, mientras que para las proyecciones de población para los años 2040 y 2100 se hicieron correcciones de las tasas de crecimiento del DANE toda vez que se tratan de estimaciones a muy largo plazo.

Tabla 2.3.1. Valores medios multianuales de la oferta hídrica superficial para los municipios de la Provincia Mares. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Oferta Referente	Oferta 2011-2040	Oferta 2071-2100	Población Referente	Población 2040	Población 2100
Barrancabermeja	1182	1017	839	186397	206770	226670
Cimitarra	4635	4032	3801	29232	66518	86418
El Carmen	1283	1116	1078	16689	36676	56576
Puerto Parra	936	814	768	5626	23759	43659
Puerto Wilches	1208	1015	906	31515	47135	67035
Sabana de Torres	1225	1029	956	19874	33398	53298
Simacota	1305	1096	1096	9278	22923	42823

Tabla 2.3.2. Valores medios multianuales de la oferta hídrica superficial para los municipios de la Provincia Guantán. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Oferta Referente	Oferta 2011-2040	Oferta 2071-2100	Población Referente	Población 2040	Población 2100
San Gil	250	220	205	41863	61778	81678
Aratoca	159	145	122	8249	23883	43783
Barichara	182	155	153	8812	22585	42485

Cabrera	112	95	94	1855	18118	38018
Cepita	84	77	65	2114	17417	37317
Charalá	574	488	482	12269	25754	45654
Coromoro	1104	1005	894	7273	23309	43209
Curití	292	257	239	11169	27730	47630
Encino	535	471	439	2756	18030	37930
Jordán	41	38	32	1212	16703	36603
Mogotes	763	694	618	11424	26478	46378
Ocamonte	103	93	87	5156	20286	40186
Onzaga	590	537	478	6376	20417	40317
Páramo	148	126	124	3413	19968	39868
Pinchote	96	87	81	4174	21261	41161
San Joaquín	169	154	137	3358	17919	37819
Valle de San José	174	157	146	6342	20017	39917
Villanueva	18	16	15	7517	20961	40861

Tabla 2.3.3. Valores medios multianuales de la oferta hídrica superficial para los municipios de la Provincia Comunera. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Oferta Referente	Oferta 2011-2040	Oferta 2071-2100	Población Referente	Población 2040	Población 2100
Socorro	217	184	182	27714	46857	66757
Chima	304	255	255	3464	18606	38506
Confines	103	88	87	2780	18318	38218
Contratación	146	123	123	4439	18891	38791
El Guacamayo	168	141	141	2489	17493	37393
Galán	299	251	254	3418	17660	37560
Gambita	414	331	331	5257	20670	40570
Guadalupe	232	186	195	6244	20005	39905
Guapota	98	78	82	2314	17710	37610
Hato	310	260	260	2432	17936	37836

Oiba	452	384	380	10584	27774	47674
Palmar	37	30	31	2531	19191	39091
Palmas del Socorro	108	86	91	2553	17781	37681
Suaita	369	295	310	11396	25569	45469

Tabla 2.3.4. Valores medios multianuales de la oferta hídrica superficial para los municipios de la Provincia García Rovira. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Oferta Referente	Oferta 2011-2040	Oferta 2071-2100	Población Referente	Población 2040	Población 2100
Málaga	33	30	25	18994	33815	53715
Capitanejo	52	48	40	6494	20950	40850
Carcasi	189	174	166	5329	20533	40433
Cerrito	486	447	403	6612	21043	40943
Concepción	422	388	371	6425	20611	40511
Enciso	49	45	39	4296	18650	38550
Guaca	189	174	157	7198	21800	41700
Macaravita	80	74	62	3279	17827	37727
Molagavita	122	112	94	6912	20562	40462
San Andrés	-	-	-	10783	23612	43512
San Miguel	47	43	36	3007	17861	37761
San José de Miranda	-	-	-	5249	19754	39654

Tabla 2.3.5. Valores medios multianuales de la oferta hídrica superficial para los municipios de la Provincia Vélez. Elaborados por los profesionales de apoyo.

Municipio	Oferta Referente	Oferta 2011-2040	Oferta 2071-2100	Población Referente	Población 2040	Población 2100
Vélez	671	564	564	20692	34372	54272
Aguada	95	80	80	2412	17355	37255
Albania	217	180	191	4741	21045	40945
Barbosa	54	43	45	24477	45443	65343
Bolívar	1542	1326	1357	16308	27276	47176

Chipatá	94	79	79	5362	20668	40568
El Peñón	569	472	501	5978	20600	40500
Florián	268	222	236	6352	21885	41785
Guavata	90	72	76	4816	19009	38909
Guepsa	50	40	42	4657	19287	39187
Jesús María	125	104	110	3483	18618	38518
La Belleza	437	376	87	8337	24220	44120
La Paz	385	323	323	6076	20564	40464
Landázuri	841	732	168	14943	31101	51001
Puente Nacional	284	227	239	15697	27165	47065
Santa Helena del Opón	580	510	487	4854	19864	39764
San Benito	70	56	59	3846	19660	39560
Sucre	797	662	701	10033	23646	43546

Tabla 2.3.6. Valores medios multianuales de la oferta hídrica superficial para los municipios de la Provincia Enlace. Elaborado por los profesionales de apoyo.

Municipio	Oferta Referente	Oferta 2011-2040	Oferta 2071-2100	Población Referente	Población 2040	Población 2100
Betulia	360	306	310	5580	20613	40513
Los Santos	281	247	228	10218	28398	48298
Santa Bárbara	133	110	110	2388	17678	37578
San Vicente del Chucurí	1127	980	947	32411	50858	70758
Zapatoca	394	323	323	10250	24336	44236

Como fue explicado anteriormente, el índice de disponibilidad per cápita de agua en la práctica se obtiene mediante la división de la oferta hídrica superficial por la cantidad de habitantes por municipio para cada uno de los períodos temporales de las estimaciones. En las tablas 2.3.13-2.3.18 se presentan los valores (expresados en metros cúbicos de agua superficial por habitante) para el período de tiempo referente o histórico y para los períodos de los escenarios de cambio climático de 2011-2040 y 2071-2100.

Tabla 2.3.7. Valores de la disponibilidad per cápita de agua (D.P.A.) para los municipios de la Provincia Mares. Elaborado por los autores.

Municipio	D.P.A. Referente	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
Barrancabermeja	6341	4916	3702
Cimitarra	158559	60622	43980
El Carmen	76877	30434	19049
Puerto Parra	166370	34274	17580
Puerto Wilches	38331	21528	13515
Sabana de Torres	61638	30810	17928
Simacota	140655	47821	25598

De acuerdo con estas proyecciones en la Provincia Mares la menor disponibilidad per cápita de agua la sufrirá el municipio de Barrancabermeja para ambos escenarios.

Tabla 2.3.8. Valores de la disponibilidad per cápita de agua (D.P.A.) para los municipios de la Provincia Guantánamo. Elaborado por los autores.

Municipio	D.P.A. Referente	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
San Gil	5972	3561	2510
Aratoca	19275	6058	2796
Barichara	20654	6850	3598
Cabrera	60377	5254	2475
Cepita	39735	4437	1733
Charalá	46785	18945	10561
Coromoro	151794	43101	20696
Curití	26144	9266	5027
Encino	194122	26112	11566
Jordán	33828	2258	862
Mogotes	66789	26223	13326
Ocamonte	19977	4580	2153
Onzaga	92535	26297	11854

Páramo	43364	6300	3118
Pinchote	23000	4109	1959
San Joaquín	50328	8583	3620
Valle de San José	27436	7841	3662
Villanueva	2395	747	361

Para el caso de la Provincia Guanentina se estiman valores menores a los 1.000 metros cúbicos de agua por habitante en el municipio Jordán que lo ubica en una categoría de “escasez de agua” para el escenario de 2071-2100, mientras que un valor menor a los 500 metros cúbicos de agua por habitante se presentaría en el municipio Villanueva que le augura una categoría de “escasez severa de agua” para ambos escenarios.

Tabla 2.3.9. Valores de la disponibilidad per cápita de agua (D.P.A.) para los municipios de la Provincia Comunera. Elaborado por los autores.

Municipio	D.P.A. Referente	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
Socorro	7830	3936	2731
Chima	87760	13725	6632
Confines	37050	4779	2264
Contratación	32890	6492	3162
El Guacamayo	67497	8067	3774
Galán	87478	14222	6767
Gambita	78752	16023	8164
Guadalupe	37156	9278	4884
Guapota	42351	4427	2189
Hato	127467	14518	6882
Oiba	42706	13833	7964
Palmar	14619	1542	795
Palmas del Socorro	42303	4859	2408
Suaita	32380	11545	6817

En la Provincia Comunera se encontraron valores menores a los 1.000 metros cúbicos de agua por habitante en el municipio Palmar, situación que lo ubicaría en una categoría de “escasez de agua” para el escenario de 2071-2100.

Tabla 2.3.9. Valores de la disponibilidad per cápita de agua (D.P.A.) para los municipios de la Provincia García Rovira. Elaborado por los autores.

Municipio	D.P.A. Referente	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
Málaga	1737	898	473
Capitanejo	8007	2284	980
Carcasi	35466	8468	4113
Cerrito	73503	21248	9852
Concepción	65681	18837	9167
Enciso	11406	2417	1017
Guaca	26257	7976	3762
Macaravita	24398	4129	1633
Molagavita	17650	5459	2322
San Andrés	-	-	-
San Miguel	15630	2421	958
San José de Miranda	-	-	-

En concordancia con estos resultados, se esperan valores menores a los 1.000 metros cúbicos de agua en la Provincia García Rovira para los municipios Capitanejo y San Miguel para el escenario de 2071-2100 con una categoría de “escasez de agua”, mientras que para el municipio Málaga se estima un valor menor a los 500 metros cúbicos de agua, con una categoría de “escases severa de agua”.

Tabla 2.3.11. Valores de la disponibilidad percápita de agua (D.P.A.) para los municipios de la Provincia Vélez. Elaborado por los autores.

Municipio	D.P.A. Referente	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
Vélez	32428	16398	10385
Aguada	39386	4598	2142
Albania	45771	8558	4664
Barbosa	2206	951	694
Bolívar	94555	48619	28764
Chipatá	17531	3820	1946

El Peñón	95182	22926	12363
Florián	42191	10164	5644
Guavata	18688	3788	1943
Guepsa	10737	2074	1072
Jesús María	35889	5573	2856
La Belleza	52417	15517	9112
La Paz	63364	15727	7992
Landázuri	56281	23526	15176
Puente Nacional	18093	8364	5069
Santa Helena del Opón	119489	25695	12252
San Benito	18201	2848	1486
Sucre	79438	27976	16106

En la Provincia Vélez se tendrán un valor menor a los 1.000 metros cúbicos de agua en el municipio Barbosa, prácticamente para ambos escenarios.

Tabla 2.3.12. Valores de la disponibilidad per cápita de agua (D.P.A.) para los municipios de la Provincia Guantánamo. Elaborado por los autores.

Municipio	D.P.A. Referente	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
Betulia	64516	14845	7642
Los Santos	27500	8708	4713
Santa Bárbara	55695	6244	2938
San Vicente del Chucurí	34772	19279	13379
Zapatoca	38439	13276	7304

Para el caso de la Provincia Enlace se espera el menor valor en el municipio Santa Bárbara, aproximadamente de 3.000 metros cúbicos de agua para el escenario de 2071-2100.

2.4. Proyección cualitativa de riesgos ambientales ante los escenarios de cambio climático

Una vez identificados los impactos de los escenarios oficiales de cambio climático (en los períodos de 2011-2040 y 2071-2100) en las Zonas de Vida de Holdridge (ZVH), en la Pérdida de Suelo (E) y en la Disponibilidad Per Cápita de Agua (D.P.A.), se procede a deducir en forma cualitativa los riesgos que podrían devenir ante el clima futuro. A pesar de la poca información local existente sobre la dinámica de los recursos naturales en jurisdicción de la CAS, estas deducciones cualitativas logran mostrar una situación futura (aunque no segura) que permitirá orientar la toma de decisiones por parte de los Directivos de la Corporación en materia de uso, aprovechamiento y conservación de los recursos naturales renovables.

Aunque el conocimiento científico sobre los impactos de los escenarios de cambio climático aquí expuesto podrá variar rotundamente con el devenir de los años, por ahora se convierte en la primera herramienta para la toma de decisiones en los ejercicios de planeación a mediano y largo plazo.

En las tablas 2.4.1.-2.4.6 se presentan las valoraciones cualitativas del riesgo ambiental (en color verde el riesgo es bajo, en color amarillo es medio y en color rojo es alto) deducido para alteración de la biodiversidad (flora y fauna) según los impactos de los escenarios en las Zonas de Vida de Holdridge (ZVH), el aumento de la Pérdida de Suelo (E) según el modelo USLE en su versión FAO modificada y la disminución de la Disponibilidad Per Cápita de Agua (D.P.A.), para cada uno de los períodos de tiempo seleccionados de los escenarios oficiales de cambio climático.

Para el caso de las zonas de vida de Holdridge se estableció que el riesgo bajo se presenta cuando la zona de vida para un determinado municipio no se altera en el futuro a causa de los escenarios de cambio climático, el riesgo es medio cuando se mantiene al menos una zona de vida de las existentes en el período de tiempo que se tomó como referente histórico, mientras que el riesgo es alto cuando para un municipio se cambia totalmente a futuro la zona de vida.

En cuanto a la pérdida de suelo se estableció un riesgo bajo para aquellas situaciones en donde el aumento de la pérdida no supera el 10% con respecto al valor del referente histórico, un riesgo medio cuando el aumento está entre el

10% y el 50%, mientras que el riesgo es alto cuando el aumento de la pérdida es igual o superior al 50%.

El riesgo por disminución de la disponibilidad per cápita de agua se determinó teniendo en cuenta los siguientes criterios: es bajo cuando el valor de la disponibilidad supera los 40.000 metros cúbicos por habitante (valor cercano al promedio para Colombia para el año 2010), es medio cuando la disponibilidad se encuentra entre los 1.700 y 40.000 metros cúbicos de agua por habitante y es alto cuando llega a valores inferiores a los 1.700 (límite que a nivel internacional se considera como situación de estrés, escasez ó escasez severa).

Tabla 2.4.1. Cualificación del riesgo ambiental para los municipios de la Provincia Mares. Elaborado por los autores.

Cimitarra	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100	E 2011-2040	E 2071-2100	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2011-2100
Barrancabermeja	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio
Cimitarra	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Bajo
El Carmen	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio
Puerto Parra	Bajo	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio
Puerto Wilches	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Sabana de Torres	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Simacota	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Medio

El mayor impacto que generaría alto riesgo en la Provincia Mares lo tendría la pérdida de suelo para el escenario de 2071-2100.

Tabla 2.4.2. Cualificación del riesgo ambiental para los municipios de la Provincia Guanentina. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100	E 2011-2040	E 2071-2100	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
San Gil	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Aratoca	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Barichara	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
Cabrera	Yellow	Yellow	Red	Red	Yellow	Yellow
Cepita	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Charalá	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Coromoro	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
Curití	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Encino	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Jordán	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red
Mogotes	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Ocamonte	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Onzaga	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Páramo	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Pinchote	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
San Joaquín	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Valle de San José	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Villanueva	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red

El mayor impacto que generaría alto riesgo en la Provincia Guanentina lo tendría la modificación de las zonas de vida de Holdridge para el escenario de 2011-2040.

Tabla 2.4.3. Cualificación del riesgo ambiental para los municipios de la Provincia Comunera. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100	E 2011-2040	E 2071-2100	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2071-2100
Socorro	Red	Yellow	Yellow	Red	Yellow	Yellow
Chima	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Confines	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Contratación						
El Guacamayo						
Galán						
Gambita						
Guadalupe						
Guapota						
Hato						
Oiba						
Palmar						
Palmas del Socorro						
Suaita						

En el caso de la Provincia Comunera impactará fuertemente la alteración de las zonas de vida de Holdridge en ambos escenarios, la pérdida de suelo en el escenario 2071-2100.

Tabla 2.4.4. Cualificación del riesgo ambiental para los municipios de la Provincia García Rovira. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100	E 2011-2040	E 2011-2100	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2011-2100
Málaga						
Capitanejo						
Carcasi						
Cerrito						
Concepción						
Enciso						
Guaca						
Macaravita						
Molagavita						
San Andrés					-	-
San Miguel						
San José de Miranda					-	-

En la Provincia García Rovira se tendrán fuertes impactos que generarían alto riesgo por la modificación de las zonas de vida de Holdridge en ambos escenarios y por la disminución de la disponibilidad per cápita de agua en el escenario 2071-2100.

Tabla 2.4.5. Cualificación del riesgo ambiental para los municipios de la Provincia Vélez. Elaborado por los autores.

Chipatá	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100	E 2011-2040	E 2011-2100	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2011-2100
Vélez	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Aguada	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Albania	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Barbosa	Red	Red	Green	Green	Red	Red
Bolívar	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow
Chipatá	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
El Peñón	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
El Florián	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow
Guavata	Red	Red	Green	Green	Yellow	Yellow
Guepsa	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Red
Jesús María	Yellow	Red	Green	Yellow	Yellow	Yellow
La Belleza	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
La Paz	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Landázuri	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Puente Nacional	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Santa Helena del Opón	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
San Benito	Red	Red	Green	Yellow	Yellow	Red
Sucre	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

El mayor impacto que generaría alto riesgo en la Provincia Vélez lo tendría la modificación de las zonas de vida de Holdridge para ambos escenarios y la disminución de la disponibilidad per cápita de agua en el escenario 2071-2100.

Tabla 2.4.6. Cualificación del riesgo ambiental para los municipios de la Provincia Enlace. Elaborado por los autores.

Municipio	ZVH 2011-2040	ZVH 2071-2100	E 2011-2040	E 2011-2100	D.P.A. 2011-2040	D.P.A. 2011-2100
Betulia						
Los Santos						
Santa Bárbara						
San Vicente del Chucurí						
Zapatoca						

En el caso de la Provincia Enlace impactará la alteración de las zonas de vida de Holdridge en ambos escenarios y la pérdida de suelo en el escenario 2011-2040, aunque en forma particular para los municipios Santa Bárbara y San Vicente del Chucurí.

Con soporte en esta cualificación del riesgo ambiental a continuación se identifican los riesgos cualitativos (en color verde el riesgo es bajo, en color amarillo es medio y en color rojo es alto) para eventos de incendios, inundación (desbordamiento o crecida repentina) y sequía para cada una de las Provincias en jurisdicción de la CAS (ver la tabla 2.4.7). Para ello, se tuvieron en cuenta en forma especial los impactos de los escenarios de cambio climático en los procesos atmosféricos de temperatura y precipitación.

Para el caso de los incendios el riesgo es bajo si el aumento de la temperatura en los escenarios de cambio climático no supera 1°C, es medio si aumenta entre 1°C 2°C y es alto si es superior a los 2°C. El riesgo por sequías o escasez de agua es bajo si en la Provincia a futuro se tienen tres o más municipios con un índice D.P.A. de riesgo bajo y es alto si se tienen al menos tres municipios con riesgo alto por D.P.A. El riesgo por inundación es bajo cuando al menos tres municipios en cada Provincia tienen riesgo bajo de pérdida de suelo a futuro, es alto cuando en la Provincia se tienen al menos tres municipios con precipitaciones a futuro que superen el 50% de aumento (casos cuando la pérdida de suelo tiene riesgo alto).

Tabla 2.4.7. Identificación del riesgo cualitativo por eventos de incendios, inundaciones y sequías para las Provincias. Elaborado por los autores.

Provincia	Incendios 2011-2040	Incendios 2071-2100	Sequía 2011-2040	Sequía 2071-2100	Inundación 2011-2040	Inundación 2071-2100
Mares	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red
Guanentina	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Comunera	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Red
García Rovira	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow
Vélez	Yellow	Red	Yellow	Red	Yellow	Yellow
Enlace	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow

Como se puede apreciar, el evento correspondiente a incendios tendría la mayor relevancia en todas Provincias en jurisdicción de la CAS para el escenario 2071-2100; mientras que la pérdida de suelo y la disminución de la disponibilidad per cápita de agua impactarían en alto grado en las Provincias García Rovira, Vélez, Mares y Comunera respectivamente en el escenario 2071-2100.

En general, las proyecciones de los impactos de los escenarios oficiales de cambio climático para los períodos 2011-2040 y 2071-2100 muestran que se afectará en su totalidad la jurisdicción de la CAS sean en mayor o menor grado.

CONCLUSIONES



RIO PIENTA - CHARALÁ

El Instituto IDEAM le entregó al país desde el año 2010 el mejor conocimiento que sus expertos lograron obtener sobre los escenarios de cambio climático para los periodos de los años 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100. A partir de este nuevo conocimiento corresponde a las Corporaciones Autónomas Regionales desagregarlo y discernir sobre los posibles impactos en los recursos naturales renovables en sus jurisdicciones.

En este sentido, para el presente libro se delimitó el estudio de los posibles impactos en las zonas de vida de Holdridge, en la pérdida de suelo y en la disponibilidad per cápita de agua para los periodos 2011-2040 2071-2100.

De acuerdo con los resultados obtenidos sobre los impactos de los escenarios oficiales de cambio climáticos, se concluye que en lo concerniente a las zonas de vida de Holdridge corresponde a las Provincias Guanentina, Comunera y García Rovira soportar el mayor impacto para el escenario de 2011-2040, mientras que para el escenario 2071-2100 les corresponde a las Provincias García Rovira y Vélez. Para el caso de ambos escenarios la Provincia García Rovira soportará los mayores cambios en sus zonas de vida, significando ello una altísima alteración a futuro de la biodiversidad (flora y fauna) allí existente en la actualidad.

La pérdida de suelo se acentuará en mayor cantidad de municipios en las Provincias Mares y Comunera, con mayor incidencia para el escenario de 2071-2100, mientras que en la Provincia Comunera se presentará la mayor cantidad de pérdida de suelo.

La disminución drástica de la disponibilidad per cápita de agua se espera para las Provincias García Rovira, Vélez y Guanentina, presentándose incluso situaciones de escasez severa en municipios de las Provincias Guanentina y García Rovira.

En cuanto a la identificación de los riesgos cualitativos para eventos de incendios, inundación (desbordamiento o crecida repentina) y sequía para cada una de las Provincias en jurisdicción de la CAS se concluye que el evento correspondiente a incendios tendría la mayor relevancia en todas Provincias en jurisdicción de la CAS para el escenario 2071-2100.

En general, las proyecciones de los impactos de los escenarios oficiales de cambio climático para los periodos 2011-2040 y 2071-2100 muestran que se afectará en su totalidad la jurisdicción de la CAS sean en mayor o menor grado.

Es importante resaltar que el conocimiento científico sobre los impactos que se identificaron podrá variar rotundamente en la medida en que estos estudios se realicen con modelos más adecuados a la realidad de la región, también en la medida en que se tenga disponible información local y actualizada con el devenir de los años y según se presenten a futuro los cambios del clima de acuerdo con lo prefijado por el IDEAM.

BIBLIOGRAFÍA



FRAILEJÓN - GUANTIVA

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2001. “Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/colnc1.pdf>, (consultada en septiembre 10 de 2012), Editorial Trade Link Ltda, Bogotá, 267 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2008. “Estudio Nacional del Agua”. Disponible en: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/020962/Estudio%20Nacional%20del%20agua.pdf> (consultada en mayo 10 de 2012), Bogotá, Imprenta Nacional.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010. “Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. Disponible en: <http://www.pnud.org.co/sitio.shtml?apc=a-c-1--&x=62597> (consultada en diciembre 10 de 2012), Editorial Scripto Ltda, Bogotá, 436 p.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010. “Estudio Nacional del Agua”. Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=874&conID=910> (consultada en diciembre 12 de 2012), Bogotá.

Organización Meteorológica Mundial – OMM, 1990. “Guía de prácticas climatológicas”. Disponible en http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/documents/WMO_100_en.pdf (consultada en octubre 15 de 2012), Editorial OMM, Ginebra, 290 p.

Organización Meteorológica Mundial – OMM, 1992. Vocabulario Meteorológico Internacional”. Disponible en http://www.wmo.int/pages/prog/lsp/meteoterm_wmo_es.html (consultada en diciembre 10 de 2012), Editorial OMM, Ginebra, 784 p.

Organización Meteorológica Mundial – OMM, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático – IPCC, 2000. “Informe especial del IPCC. Escenarios de emisiones. Resumen para responsables de políticas”. Disponible en <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf> (consultada en junio 10 de 2012), Editorial OMM, Ginebra, 27 p.

Organización Meteorológica Mundial – OMM, 2012. “WMO in brief”. Disponible en http://www.wmo.int/pages/about/index_en.html (consultada en enero 23 de 2013), Editorial OMM, Ginebra.

Rivera H., 2012. “Los escenarios de cambio climático en Colombia como estrategia de manipulación científica en estudios hidrológicos: evidencias controversiales” En: Retos de la hidrometeorología ante las posibles variaciones de clima y los eventos extremos. PROHIMET. Disponible en: <http://www.prohimet.org/actividades/jornadas-rd-2012> (consultada en octubre 1 de 2012), Santo Domingo.

IMPACTO DE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS
RECURSOS NATURALES RENOVABLES EN JURISDICCIÓN DE LA
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SANTANDER

Este libro se terminó de imprimir en los Talleres Litográficos de
OTERO IMPRESOS de Bogotá, en agosto de 2013

Tiraje: 700 libros - Fuentes tipográficas: Arial, Arial Narrow Bold, Avant Garde
Medium BT, Calibri, Helvetica, Humanist 521 BT, Segoe UI
Carátula impresa sobre papel propalcote de 300 gramos S2C
Papel páginas interiores (taco): propalcote de 150 g S2C

