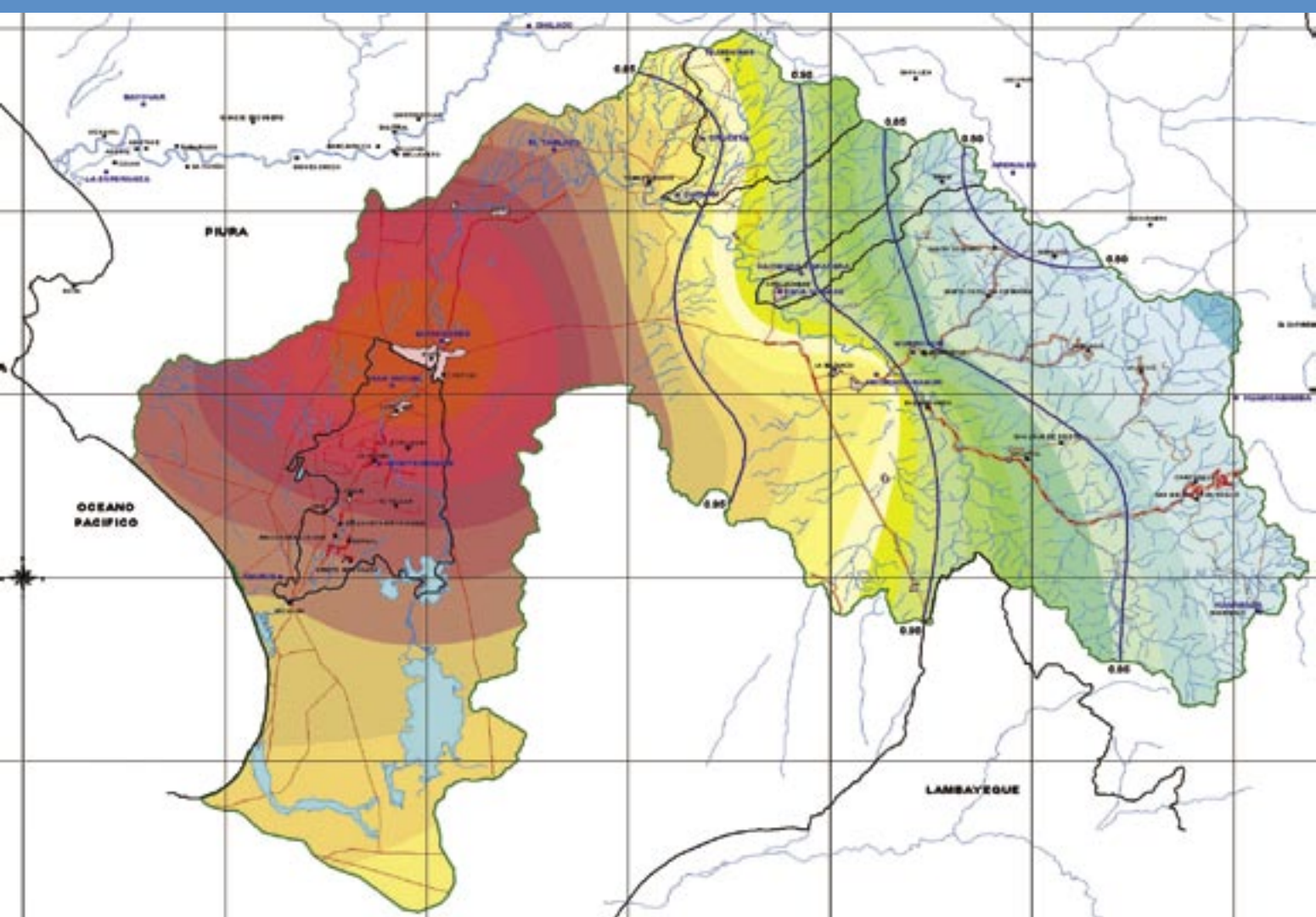


# Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050

## Climate change scenarios in Peru to 2050

Cuenca del Río Piura / Piura River Basin



Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050 - Cuenca del Río Piura  
Serie: Cambio Climático



Resumen Ejecutivo  
Executive Summary

## **Serie Cambio Climático**

### **Sub serie: Evaluación Local Integrada de Cambio Climático para la Cuenca del Río Mantaro**

- Volumen I: Atlas Climático de precipitación y temperatura del aire en la Cuenca del Río Mantaro
- Volumen II: Diagnóstico de la Cuenca del Mantaro bajo la visión del cambio climático
- Volumen III: Vulnerabilidad Actual y Futura ante el cambio climático y medidas de adaptación en la Cuenca del Río Mantaro

### **Sub serie: Evaluación Local Integrada de Cambio Climático para la Cuenca del Río Piura**

- Evaluación Local Integrada y Estrategia de Adaptación al Cambio Climático en la Cuenca del Río Piura
- Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050 - Cuenca del Río Piura

### **Otros títulos publicados**

- Escenarios Climáticos Futuros y Disponibilidad del Recurso Hídrico en la Cuenca del Río Santa

## **Consejo Nacional del Ambiente - CONAM**

Av. Guardia Civil 205, San Borja  
Teléfono: (51-1) 225-5370, telefax: (51-1) 225-5369  
Correo electrónico: conam@conam.gob.pe  
<http://www.conam.gob.pe>

## **Comité Editorial CONAM:**

Mariano Castro  
César Cervantes  
María Paz Cigarán  
Andrés Millones  
Cesar Villacorta

**Título:** Escenarios del cambio climático en el Perú al 2050 - Cuenca del Río Piura  
**Autor:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI  
**Editor:** Consejo Nacional del Ambiente - CONAM  
**ISBN:** 9972-824-18-7

La presente edición forma parte de la colección:  
Evaluación Local Integrada de Cambio Climático en la Cuenca del Río Piura (O.C.)  
ISBN: 9972-824-16-0

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2005-9646

## **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI**

Jr. Cahuide 785 Jesús María – Lima, Perú  
Teléfono: (51-1) 614-1414  
Correo electrónico: webmaster@senamhi.gob.pe  
<http://www.senamhi.gob.pe>

Diseño: Enrique Limaymanta Sulca  
Diagramación e Impresión: TYPOGraphics E.I.R.L.

Copyright © Fondo Editorial del CONAM  
Primera edición: Diciembre de 2005  
Tiraje: 1000 ejemplares  
Impreso en el Perú  
2005

El contenido de este documento puede ser reproducido mencionando la fuente.  
Su contenido no representa en su totalidad el punto de vista del CONAM.

# **ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL PERÚ AL 2050**

**Cuenca del Río Piura**  
**Resumen Ejecutivo**

# **CLIMATE CHANGE SCENARIOS IN PERU TO 2050**

**Piura River Basin**  
**Executive Summary**

## **Consejo Nacional del Ambiente - CONAM**

|  |                      |
|--|----------------------|
| <b>Presidente</b>                            | Carlos Loret de Mola |
| <b>Secretario Ejecutivo</b>                  | Mariano Castro       |
| <b>Jefa de la Unidad de Cambio Climático</b> | Patricia Iturregui   |

## **Unidad Ejecutora del Programa PROCLIM (UEP), CONAM**

|  |   |
|--|---|
| <b>Dirección</b>                                 | Maria Paz Cigarán   |
| <b>Componente de Vulnerabilidad y Adaptación</b> | Julio García (Coordinador)<br>Carla Encinas<br>Laura Avellaneda   |
| <b>Componente de Inventarios y Mitigación</b>    | Francisco Avendaño (Coordinador)<br>Jorge Álvarez<br>David García |
| <b>Componente de Difusión y Capacitación</b>     | Leopoldo Macera (Coordinador)<br>Pía Zevallos                     |
| <b>Administración</b>                            | Viviana Zaldívar<br>Ana María Cerrón                              |
| <b>Asistencia</b>                                | Carmen Wilson   |

## **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI**

### **EQUIPO TÉCNICO**

|  |  |
|--|--|
| <b>Jefe del Senamhi</b>                          | Mayor General FAP Juan Oviedo Motta  |
| <b>Dirección General de Meteorología</b>         | Mayor FAP Julio Villafuerte Osambela   |
| <b>Coordinación General</b>                      | Mayor FAP Juan Coronado Lara   |
| <b>Coordinación Local</b>                        | Gabriela Rosas   |
| <b>Equipo Escenarios Climáticos</b>              | Amelia Díaz<br>Ángel Cornejo<br>Clara Oria<br>Delia Acuña<br>Gabriela Rosas<br>Gonzalo Fano<br>Grinia Avalos<br>Luis Metzger<br>Mauricio Carrillo        |
| <b>Equipo SIG</b>                                | Ever Castillo<br>Carmen Vassallo<br>Guillermo Tataje<br>Oscar Barrenechea  |
| <b>Infraestructura del Sistema Computacional</b> | Richard Miguel   |
| <b>Revisión</b>                                  | Ph. D. Eugenia Kalnay<br>University of Maryland - UMD, USA   |
| <b>Consultorías:</b>                             | Ph. D. Nicholas Graham<br>Hydrological Research Center - HRC, USA<br>M Sc. Ángel Cornejo<br>National Service of Meteorology and Hydrology -SENAMHI, Perú |
| <b>Edición:</b>                                  | Grinia Avalos  |
| <b>Asistentes de edición:</b>                    | Cristina Amiel<br>Clara Oria<br>Jenny Roca   |
| <b>Traducción:</b>                               | Luis Metzger   |
| <b>Diseño:</b>                                   | Juan Ulloa<br>Cristina Amiel   |

# PRESENTACIÓN

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), Autoridad Ambiental Nacional y rector del Sistema Nacional de Gestión Ambiental, es responsable de la ejecución en el país de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés). La Estrategia Nacional de Cambio Climático aprobada por D.S. 086-2003-PCM, fue desarrollada multisectorialmente y expresa el nivel de prioridad política que el país le viene dando a los serios problemas del cambio climático en el Perú.

En este contexto, gracias al aporte de la Cooperación Holandesa, el CONAM ha dirigido el Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire (PROCLIM), articulando la participación de trece instituciones públicas y privadas con el objetivo de lograr una gestión efectiva de los recursos humanos y financieros ante los posibles efectos del Cambio Climático en el Perú.

Dentro del componente temático de Vulnerabilidad y Adaptación (V&A), el Programa identificó tres áreas de estudio: la Cuenca del Río Mantaro, la Cuenca del Río Piura y la Cuenca del Río Santa. El trabajo realizado en estas áreas se orientó a sistematizar y ampliar el conocimiento sobre las condiciones climáticas actuales y futuras. Se evaluaron los impactos del Cambio Climático y la vulnerabilidad de los aspectos físicos y sociales, identificando opciones viables de adaptación para ser incorporadas en los planes de desarrollo local y regional. Asimismo, en la cuenca del río Santa se estimó la disponibilidad de recursos hídricos en función a la deglaciación de la cordillera blanca por el calentamiento global.

El desarrollo de los estudios climáticos y la generación de escenarios climáticos futuros en la cuenca del Río Piura fueron encomendadas al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología - SENAMHI, dada su competencia y especialización en la observación sistemática y análisis de variables climáticas nacionales y regionales. El proceso tomó en cuenta la información y tecnologías del más alto nivel disponible, mediante visitas a reconocidos centros internacionales especializados en observación, modelamiento e investigación del clima, propiciando el intercambio entre expertos y científicos nacionales y extranjeros.

El resultado de ese esfuerzo se plasma en la serie “Evaluación Local Integrada de la cuenca del río Piura” donde el presente volumen, “Escenarios del Cambio Climático en el Perú al 2050, Cuenca del Río Piura - Resumen Ejecutivo” presenta las proyecciones de escenarios climáticos en base a modelos globales de clima, que han sido utilizadas para evaluar los aspectos climáticos, físicos y sociales de la vulnerabilidad de dicha cuenca, así como identificar opciones viables de adaptación en los sectores agricultura, pesquería y socio económicos.

Finalmente el CONAM desea expresar su agradecimiento al equipo técnico y científico del SENAMHI por los resultados de la presente investigación, que sin duda constituye una herramienta fundamental para la planificación de un desarrollo sostenible ante los impactos del Cambio Climático.

**CARLOS LORET DE MOLA**  
**Presidente del CONAM**

# AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo desea expresar su agradecimiento:

A la *Dra. Eugenia Kalnay*, científica de reconocida trayectoria y distinguida docente e investigadora de la Universidad de Maryland – UMD de los Estados Unidos, quien amablemente aceptó honrarnos al revisar este trabajo y darnos sus maravillosos comentarios y sugerencias, así como por el estímulo al trabajo realizado. Al *Dr. Nicholas Graham*, Investigador Científico Senior del Centro de Investigación Hidrológica – HRC de los Estados Unidos, por su valioso y acertado asesoramiento durante el desarrollo del presente estudio. Al *MSc. Angel Cornejo*, por su permanente asesoría, incondicional apoyo y estimulante optimismo durante la realización del presente trabajo.

Al Centro Nacional para la Investigación de la Atmósfera – NCAR de los Estados Unidos, en las personas del *Dr. Lawrence Buja* y *Srta. Rene Muñoz* del Grupo de Trabajo para Manejo de Datos, quienes brindaron un importante apoyo a nuestros profesionales que realizaron pasantías en NCAR y poner a nuestra disponibilidad la información base para la generación de escenarios regionales.

A la Administración Nacional del Oceánico y la Atmósfera – NOAA de los Estados Unidos, al Laboratorio de Sistemas de Pronóstico - FSL, al *Dr. Alexander E. MacDonald* y *Sra. Kathleen G. Stewart* y al *Grupo Reynolds*.

Al Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido (UKMET), en las personas del *Dr. Richard Jones* y *Ruth Taylor*, por apoyar a nuestros profesionales en las pasantías desarrolladas en su institución, así como la información de salida de su modelo global y el uso del modelo PRECIS, contribución invaluable a nuestro centro.

A la Universidad de East Anglia del Reino Unido, en especial al Climate Research Unit en la persona de la *Dra. Clare Goodess* por sus sabios consejos y asesoramiento.

Al Grupo de Expertos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático - IPCC por la disponibilidad de información a través de su página web.

Al Instituto de Investigación para el Desarrollo - IRD de Francia y al Instituto de Recursos Naturales del Perú, en la persona del *Dr. Bernard Pouyaud*.

A Tecnologías Atmosféricas, Meteorológicas y Medioambientales – ATMET de Boulder, Colorado - Estados Unidos, en las personas del *Dr. Robert Walko* y *Dr. Craig Tremback* por su constante soporte técnico en el manejo del Modelo RAMS.

Al Centro Canadiense para el Modelamiento y Análisis del Clima del Servicio Meteorológico de Canadá, en la persona del *Dr. Greg M. Flato*, por la información proporcionada.

Al Instituto de Meteorología de Cuba en la persona de *Abel Centella*, por apoyar la participación de un profesional en un curso de entrenamiento del modelo PRECIS, para generación de escenarios organizado por INSMET y UKMET.

A la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, en la persona del *Comandante Eduardo Lazo*, por facilitarnos información histórica del nivel del mar de la estación de Paíta.

Al Instituto Nacional de Meteorología de Brasil, en las personas del *Dr. José Mauro de Rezende* y *José Mauricio Franco Guedes*, por brindar el apoyo necesario a nuestro profesional en la pasantía sobre manejo de sistemas cluster.

Al grupo de la unidad ejecutora y coejecutores del proyecto PROCLIM, por sus aportes para el mejor entendimiento de los resultados de este importante estudio.

Al Consejo Nacional del Ambiente – CONAM por las facilidades brindadas en los aspectos técnico-administrativos para el desarrollo del proyecto como coordinador de PROCLIM.

A la Jefatura y Dirección Técnica del SENAMHI, por la confianza depositada en nuestras capacidades y apoyo incondicional para la ejecución de los compromisos asumidos en la elaboración de este estudio.

**Mayor FAP Juan Coronado Lara**  
Coordinador General del Proyecto  
Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

# ACKNOWLEDGMENTS

*Dra. Eugenia Kalnay*, well-known scientist and distinguished researcher at the University of Maryland – UMD United States, who kindly accepted for reviewing this work and gave us her comments and opinions. *Dr. Nicholas Graham*, Scientist Researcher Senior of the Hydrologic Research Center – HRC USA, for his valuable advice during the development of the present study. *MSc. Angel Cornejo*, for his permanent consultancy, unconditional support and stimulant optimism during the achievement of the present work.

To the National Center for Atmospheric Research NCAR of the United States, specially to Dr. Lawrence Buja and Miss. Rene Muñoz of the Work Group for Handling of Information, who offered an important support to our professionals while they were visiting NCAR and for providing basic information for the generation of regional scenarios.

To the National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA USA, to the Forecast System Laboratory - FSL, to *Dr. Alexander E. MacDonald and Sra. Kathleen G. Stewart and the Reynolds Group*.

To the Hadley Centre UK Meteorological Office (UKMET), specially to Dr. Richard Jones and Ruth Taylor, for supporting our professionals during their visit to this institution, as well as the output data provided from his global model and the use of the PRECIS model.

To the University of East Anglia, United Kingdom, specially to the climate Research Unit in the person of the Dr. Clare Goodess for his wise advice.

To the Group of Experts of the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC for the information available on the web page.

To the Institute of Research and Development - IRD of France and the Institute of Natural resources of Peru, specially to Dr. Bernard Pouyaud.

To Atmospheric, Meteorological and Environmental Technologies - ATMET of Boulder, Colorado - USA, specially to Dr. Robert Walko and Dr. Craig Tremback for his constant technical support in handling the RAMS Model.

To the Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis of the Canadian Meteorological Service, specially to Dr. Greg M. Stitch, for the information provided.

To the Institute of Meteorology of Cuba, specially to Abel Centella, for supporting the participation of one professional in a training course of the PRECIS model, for generation of scenarios organized by INSMET and UKMET.

To the Direction of Hydrography and Navigation of the Peruvian Navy, specially to Commander Eduardo Lazo, for providing us historical information of sea level at the Paita station.



To the National Institute of Meteorology of Brazil, to Dr. José Mauro de Rezende and José Mauricio Franco Guedes, for offering support to our professional in handling cluster systems.

To the group of the executing unit and coexecutors of the PROCLIM project, for his contributions for the best understanding of the results of this important study.

To the National Environmental Council - CONAM for the facility offered in the technical - administrative aspects and as coordinator of PROCLIM.

To the High Direction of SENAMHI, for trusting in our capacities and the unconditional support for the execution of the commitments assumed in the making of this study.

To all these people and institutions our gratitude.

**Mayor FAP Juan Coronado Lara**  
Project General Coordinator  
National Service of Meteorology and Hydrology

# ESCENARIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

## CLIMATE CHANGE SCENARIOS

### RESUMEN EJECUTIVO

¿Qué es este reporte y que contiene?

1. Este reporte es el primer trabajo científico a nivel nacional basado en simulaciones y proyecciones numéricas de los posibles escenarios del clima futuro en la Cuenca del río Piura, el mismo que fue desarrollado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, en el marco del Programa de Fortalecimiento de Capacidades Nacionales para Manejar el Impacto del Cambio Climático y la Contaminación del Aire – PROCLIM del Consejo Nacional del Ambiente CONAM, en un esfuerzo interinstitucional, con el auspicio del gobierno holandés.

2. El presente reporte titulado *Escenarios del Cambio Climático en el Perú al 2050: Cuenca del Río Piura*, contiene la siguiente información:

- Presenta de manera clara los primeros resultados de las proyecciones de escenarios climáticos simulados por siete modelos globales o Modelos de Circulación General de la atmósfera (MCG), los cuales utilizan como base los Reportes Especiales de Escenarios de Emisión (REEE) del Panel Intergubernamental de Cambio Climático – IPCC (siglas en inglés).
- Los escenarios de emisión utilizados en este reporte son los denominados escenarios A1, A2, B1 y B2, los cuales tienen características demográficas, sociales, económicas y de cambio tecnológico diferentes, que dependen de las decisiones que tome la humanidad en el presente, por lo que concatenan varias fuentes de incertidumbre. La familia de los escenarios A1 se divide a su vez en tres grupos: A1F1, A1B y A1T y describen las distintas direcciones del cambio tecnológico en el sistema energético. Las características más importantes de estos escenarios se resumen en el cuadro 1.
- El análisis de los escenarios se sustenta a su vez en el análisis de las variables de temperatura de agua de mar, presión atmosférica a nivel del mar como indicador de eventos El Niño, nivel del mar y precipitación proyectados para los próximos 50 años; dicho análisis es mejorado mediante las técnicas de regionalización dinámica y regionalización estadística. Asimismo, se analizan eventos de precipitación y temperatura extremas basándose a información histórica (30 años) así como la tendencia de estos eventos extremos para los próximos 20 años.

### EXECUTIVE SUMMARY

What is this report and what does it contain?

1. This report is the first scientific work based on simulations and numerical projections for possible scenarios of future climate in the Piura river Basin. It was developed by the National Meteorology and Hydrology Service (SENAMHI), within the framework of the National Strengthening of Capacities for Handling Climate Change Impacts and Air Pollution Program - PROCLIM, and the National Environment Council CONAM, in an inter-institutional effort, under the aegis of the Dutch Government.

2. The present report “Scenarios of Climate Change in Peru to 2050: Piura river Basin” contains the following information:

- It clearly presents, the first results of the projections of climate scenarios simulated by six General Circulation Models (GCM's), which are based on the Special Reports on Emission Scenarios (SRES) of the Inter-governmental Panel on Climate Change - IPCC.
- The emission scenarios used in this report are the ones called A1, A2, B1 and B2 scenarios, which have different demographic, social, technological change and economic characteristics, that depend on the decisions that mankind makes at present, for which several sources of uncertainty are gathered. The A1 scenarios family is in turn divided into three groups: A1F1, A1B and A1T and they describe the different directions of the technological change in the energetic system. The most important characteristics of these scenarios are summarized in chart N° 1:
- The analysis of the scenarios is sustained in turn by the analysis of variables of sea surface temperature, atmospheric pressure at sea level as indicator of the El Niño events, sea level and rainfall projected for the next 50 years. The aforementioned analysis has been improved by means of the dynamic and statistical downscaling techniques. Likewise, an analysis of extreme rainfall and temperature events based on historical information (30 years) was also made, as well as the trend of these extreme events for the next 20 years.

**Cuadro 1:** Características de los escenarios de emisión

**Chart 1:** Features of emission scenarios

| Escenario / Scenario | Población / Population | Economía / Economy | Medio Ambiente / Environment | Tecnología / Technology |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------|
| A1F1                 | ↪                      | ↗                  | ↘                            | ↗                       |
| A1B                  | ↪                      | ↗                  | ↗                            | ↗                       |
| A1T                  | ↪                      | ↗                  | ↗                            | ↗                       |
| B1                   | ↪                      | ↗                  | ↗                            | ↗                       |
| A2                   | ↗                      | ↗                  | ↘                            | ↗                       |
| B2                   | ↗                      | ↗                  | ↗                            | ↗                       |

**Nota:** Las emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases invernadero están relacionadas con factores tales como el aumento de la población, el crecimiento económico, cambios de prácticas en el uso de la tierra, y el costo y la disponibilidad de tecnologías como consecuencia de las pautas de producción y consumo, entre otros. Las flechas indican el desarrollo como aumento (↗), disminución (↘) o aumento seguido de disminución (↪).

**Note:** CO<sub>2</sub> gas emissions and some other greenhouse gases are related to certain facts such as population increase, the economic growth, changes in land-use practices and the cost and availability of technology as consequences of production and usage standards, among other things. The arrows show the progress as an increase, reduction and increase followed by a reduction

**¿Cómo se debe analizar el cambio climático?**

**3.** Para evaluar los impactos del Cambio Climático es necesario realizar proyecciones del clima futuro (escenarios climáticos) que permitan evaluar el comportamiento de los sistemas medioambientales. La simulación de dichos escenarios requiere de un periodo lo suficientemente largo como para vislumbrar algún cambio significativo del clima con algún grado de confiabilidad. En el presente reporte, se hace una proyección del clima al 2035; no obstante, el análisis de disponibilidad hídrica se hace de manera quinquenal con la finalidad de determinar periodos de alternancia de eventos secos y húmedos en los próximos 30 años, así como los periodos de recurrencia de los mismos. Cabe enfatizar que aunque el análisis se divide en quinquenios, esto no significa variabilidad quinquenal, y considerando la incertidumbre inherente a los resultados el orden de los mismos no necesariamente debe ser considerado como algo definitivo.

**How should climate change be analyzed?**

**3.** In order to evaluate the impact of Climate Change, it is necessary to make projections about future climate (climate scenarios) that would allow to evaluate the environmental systems behavior. Simulating such scenarios requires considering a period of time long enough so as to spot some meaningful change on climate and with some reliability. In the present report it was made a climate projection up to 2035; nevertheless, the analysis of water availability (Chapter V) is made on a quinquennial basis, with the purpose to determine the alternation of dry/wet episodes in the next 30 years, as well as periods of recurrence of the same events. Its worth noticing that although the analysis is divided into quinquennial periods, it does mean that is a quinquennial variability and considering the inherent uncertainty of the results, their order should not be necessarily considered as something definitive (pages 112-124)

**¿Está cambiando el clima? ¿Qué es lo que se viene observando en el Perú?**

**4.** En 1995 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático - IPCC, en uno de sus informes manifestó: “el conjunto de evidencias sugiere un cierto grado de influencia humana sobre el clima global”. En el 2001, el mismo organismo puntualizó<sup>1</sup>: “los últimos estudios han encontrado sistemáticamente pruebas de señales antropogénicas en los registros climáticos de los últimos 35 a 50 años”. En la actualidad el IPCC proyecta un calentamiento de 1.4 – 5.8 °C para el año 2100.

**Is climate changing? What is being observed in Peru?**

**4.** In 1995 the Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC in one of its reports stated “the set of evidences suggests a certain degree of human influence on global climate“. In 2001, the same organization specified: “Recent studies have systematically found proof of anthropogenic signs in the climatic records of the last 35 to 50 years.” At the moment, the IPCC projects a warming of 1.4 – 5.8 °C for the year 2100.

**5.** El Perú, país tropical, ha sufrido en los últimos años los impactos de eventos climáticos

**5.** Perú, a tropical country, has suffered over the last years, the impacts of recurrent events of great intensity, such as El Niño event and cold waves

<sup>1</sup> Tercer Reporte de Evaluación, IPCC, 2001

recurrentes y con mayor intensidad, como eventos El Niño y las olas de frío que asolan el sur del país; asimismo, la escasez de lluvias durante el año 2004, ha puesto en riesgo la demanda hídrica del sector agrícola, energético y de la población en general.

6. La información climática histórica analizada, revela una tendencia positiva del nivel medio del mar en localidades ubicadas en la costa occidental de América. Los registros de los mareógrafos dan cuenta de un incremento en el nivel del mar de 0.13 cm/año en promedio desde el siglo pasado, periodo en el cual el efecto invernadero no era muy fuerte o no había una marcada influencia de las actividades antrópicas. Este incremento continúa en el presente siglo y se proyecta que continúe en los próximos años.

7. Sobre la localidad de Paita, el incremento del nivel del mar observado fue de 0.24 cm/año, con mayores fluctuaciones producidas durante eventos El Niño (ver Fig.1).

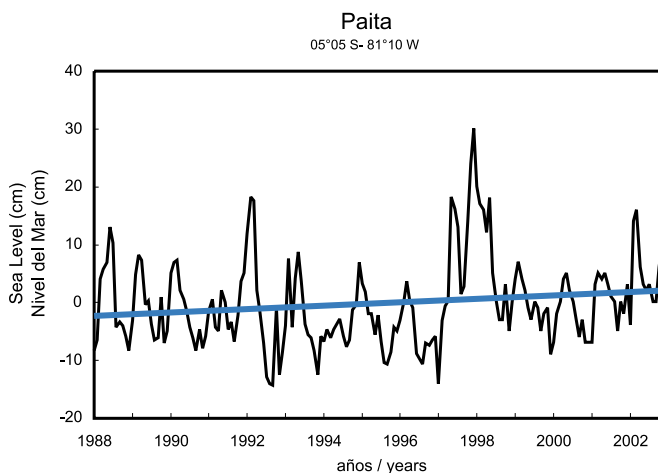
that affect the southern part of the country and in the same way, the rain shortage during 2004, have put at risk water demand of the agricultural sector and of population in general.

6. The historical information analyzed reveals a positive trend of the average sea level at same sites located on the western coast of South America. Tide graphs show a sea level average increase of 0.13 cm / year since the last century, period in which the greenhouse effect was not very strong or the influence of anthropogenic activities was not yet noticed. This increase continues at present century, and it will continue in the coming years as projected.

7. At Paita, a coastal locality, the observed increase was 0.24 cm/ year, with major fluctuations produced during El Niño events (see Fig.1).

**Fig.1:** Nivel del mar observado (1988 - 2003) - Estación Paita

**Fig.1:** Observed Sea Level (1988 - 2003) - Paita Station

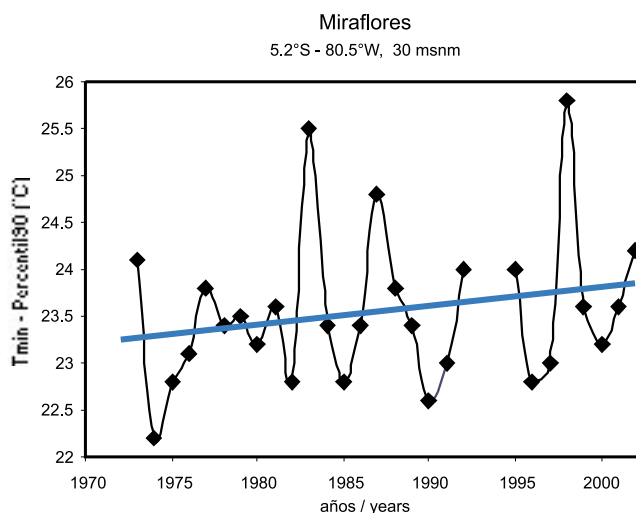


8. En la Fig. 2 se muestra una de las estaciones (Miraflores) de la parte baja de la Cuenca del Río Piura. La característica más notable de este análisis histórico de la temperatura mínima extrema es que la mayoría de las estaciones pertenecientes a la cuenca (sólo se muestra una por razones de espacio), presentan tendencias positivas en los percentiles 90; es decir, que en la mayoría de las estaciones las temperaturas mínimas más extremas (el 10% más bajo) se han ido intensificando en las últimas décadas.

8. Figure 2 shows one of the stations (Miraflores) located on the low part of the basin of the Piura river. The most noticeable characteristic of this historical analysis of the minimum extreme temperature is that the majority of the stations belonging to the basin (only one of them is showed for reasons of space) present positive trends in the 90th percentile; that is to say, that in the majority of the stations the most extreme minimum temperatures (10% lower) have been intensifying in the last decades.

**Fig.2:** Temperatura mínima extrema histórica en el percentil 90 en la Estación Miraflores - Trimestre DEF (verano).

**Fig.2:** Minimal extreme historical temperature in the 90th percentile on the Station San Miguel - Quarter DEF.



9. En la estación<sup>2</sup> de verano (trimestre lluvioso), la característica más evidente es la presencia de valores relativamente pequeños de la tendencia de la temperatura mínima extrema, por ejemplo en Tejedores se aprecia una tendencia de 1.3°C/100 años, lo que significa 0.4 °C en 30 años, por lo que los extremos de este parámetro probablemente no cambien significativamente en los próximos años.

9. In the rainy quarter dic-jan-feb (DJF), the most evident characteristic is the presence of relatively small values of the minimum extreme temperature trend, for example in Tejedores (Chapter IV) it can be observed a trend of 1.3°C/100 years, which means 0.4 °C in 30 years, so the extremes of this parameter are probably not going to change significantly in the next years.

#### ¿Qué dicen las proyecciones de los modelos climáticos?

#### What do the projections of climate models say?

10. La variable Temperatura Superficial de agua de Mar (TSM) es una componente climática de importancia, ya que modula los procesos de convección que finalmente producen precipitación al interactuar con la atmósfera. Para ver su comportamiento en forma general, esta variable fue analizada en el Pacífico Tropical.

10. The variable sea surface temperature (SST) is a climate component of importance since it modulates the processes of convection that finally produce rainfall, when interacting with the atmosphere. To see its behavior in a general way, this variable was analyzed in the tropical zone of the Pacific Ocean.

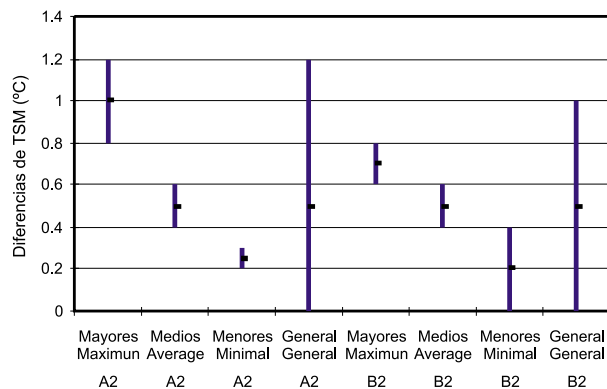
11. Seis modelos globales (MCG) corridos al 2050, en el contexto de los escenarios extremos A2 y B2, indican que la TSM en el Pacífico Tropical, tendría mayores incrementos en un eventual predominio del escenario A2 (0.8-1.2 °C) sobre el escenario B2 (0.6-0.8°C); además, estos incrementos serían mayores en el periodo 2005-2050 con respecto al 1990-2004 (ver Fig. 3).

11. Six global models (MCG) run to 2050, within the context of extreme scenarios A2 and B2 indicated that the SST variable in the Tropical Pacific would have a major increase in the case of a temporary predominance of A2 scenario ( 0.8-1.2 °C) over B2 scenario (0.6-0.8 °C ); besides these increases would be greater for the period 2005-2050 with regard to the period 1990-2004 Fig. 3.

<sup>2</sup> En del Hemisferio Sur, el trimestre Diciembre – Febrero (DEF) corresponde a la estación de *Verano*; el trimestre Marzo – Mayo (MAM) corresponde al *Otoño*; el trimestre Junio - Agosto (JJA) al *Invierno* y el trimestre Septiembre – Noviembre (SON) a la *Primavera*.

**Fig. 3:** Incrementos máximos, medios y mínimos de la TSM en el Pacífico Tropical en los escenarios A2 y B2

**Fig. 3:** Maximum, average and minimal increases of the SST for the Tropical zone of the Pacific Ocean in both extreme scenarios A2 and B2



12. Las proyecciones al 2050 de uno de los índices atmosféricos indicadores de eventos El Niño y La Niña como es el Índice de Oscilación Sur (IOS), estimado a partir de los MCG o globales, indican la predominancia de condiciones atmosféricas frías en la región costera sudamericana, situaciones que estarían asociadas a incrementos en la intensidad de los vientos, alteración en el régimen pluviométrico, inviernos más fríos y veranos menos cálidos; sin embargo, estas proyecciones del IOS no guardan coherencia con la tendencia hacia un incremento gradual de la TSM en el Pacífico Tropical proyectada por los modelos, por lo que las proyecciones del IOS, nos indicaría cambio climático en los patrones de circulación atmosférica, que no necesariamente estarían asociadas a La Niña. Como consecuencia, existe gran incertidumbre al respecto; sin embargo, las proyecciones dadas a partir de los modelos, constituyen un escenario climático que debe tenerse en consideración.

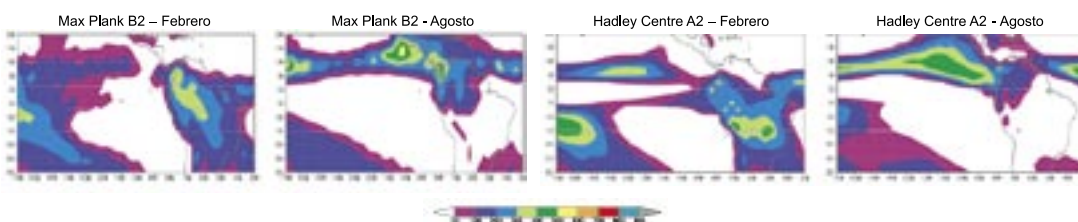
12. The projections to 2050 of one of the atmospheric indexes of El Niño and La Niña events like the Southern Oscillation Index (SOI), estimated by global models, indicate the predominance of cold atmospheric conditions in the coastal South American region, situation that would be associated with increases in the intensity of winds, alteration in the precipitation regimes, colder winters and less hot summers; nevertheless, these projections of the SOI do not have coherence with the trend towards a gradual increase of the sea superficial temperature in the Tropical Pacific Ocean projected by the models, for which the projections of the SOI would indicate climate change in the patterns of atmospheric circulation, which would not necessarily be associated with La Niña. As consequence, there is great uncertainty on the matter; nevertheless, the projections obtained from the models, constitute a climate scenario that must be taken into consideration.

13. En la zona tropical, la precipitación proyectada al 2050 por los MCG utilizados en este reporte, guarda coherencia a nivel espacial con la climatología actual, tal como puede observarse en las salidas de algunos modelos (ver. fig. 4)

13. In the tropical zone, the rainfall projected to 2050 by the GCM's used in this report, is coherent at an spatial level with the current climatology, as it can be observed in some model outputs (see fig. 4).

**Fig. 4:** Precipitaciones promedio para el 2005 -2050 durante el mes de febrero y agosto.

**Fig. 4:** Average of rainfalls for 2005-2050 during February and August



14. Como consecuencia de la baja resolución espacial de los MCG y su limitada representación de la topografía, se realizó la regionalización estadística para la zona de Chulucanas, la cual es una zona representativa de la cuenca media del río Piura.

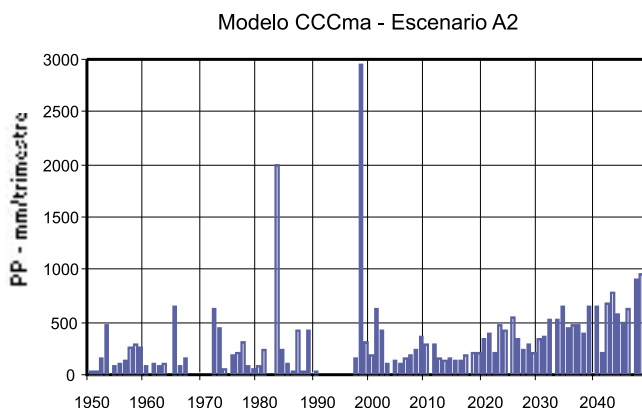
14. As a consequence of the low resolution of the GCM's and their limited representation of the topography, a statistical downscaling was realized for Chulucanas place, which is a representative zone of the middle basin of the Piura river.

15. La regionalización estadística dio como resultado que del total de modelos analizados en este reporte, algunos de ellos (como el CCCma) no son hábiles para simular eventos El Niño ni la variabilidad de las precipitaciones asociadas a este evento (ver Fig. 5); mientras que otros modelo como el MPIfM y NCAR, si tienen habilidad para representar los eventos El Niño, siendo la variabilidad de las precipitaciones más realista; es decir, similar al comportamiento de los datos observados (ver Fig. 6).

15. The statistical downscaling gave as result that from all the models used in this report, some of them (as the CCCma) are not capable of simulating either El Niño events or the natural variability of rainfall accurately (to see Fig. 5); whereas others (MPIfM and NCAR) are able to represent El Niño events and having the most realistic variability of the rainfalls, meaning it is similar to the behavior of the information observed (see Fig. 6).

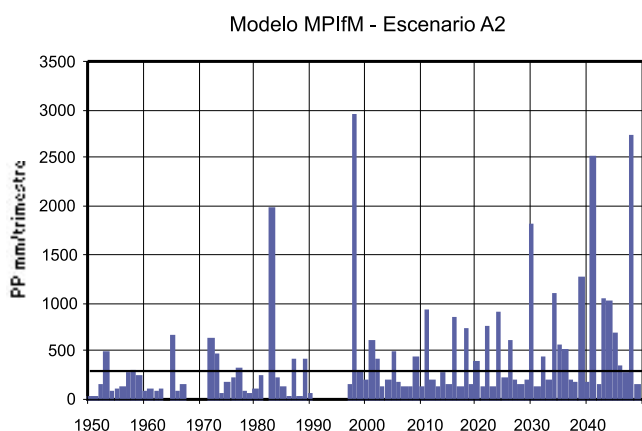
**Fig. 5:** Tendencia de la precipitación en Chulucanas, según un modelo no hábil en representar eventos El Niño (periodo lluvioso)

**Fig. 5:** Trend of the rainfall in Chulucanas, according to a model (CCCma) unable to represent El Niño events accurately. Quarter JFM. Scenario A2



**Fig. 6** Tendencia de la precipitación en Chulucanas, según un modelo hábil en representar eventos El Niño (periodo lluvioso)

**Fig. 6** Trend of the rainfall in Chulucanas, according to a model capable of representing El Niño events (MPIfM. Quarter JFM. Scenario A2



16. Las simulaciones al 2050 de los MCG que representan bien este evento, sugieren que hay una mayor probabilidad de ocurrencia de por lo menos 3 episodios de lluvias fuertes con intensidades

16. The MCG simulations to 2050 that represents very well this event, suggests that there is great probability that there might be at least 3 episodes of heavy rains with intensities similar or stronger

similares o mayores al Niño 1982/83 pero menores al Niño 1997/98. También hay un escenario que indica con una menor probabilidad que podría desarrollarse un solo evento lluvioso de mayor magnitud al 1982-83 pero menor a 1997-98.

**17.** Tomando en cuenta además los resultados de la regionalización estadística que indican un incremento de las precipitaciones dentro del periodo 2009 – 2015 en la parte media de la Cuenca, lo cual es consistente con el incremento gradual de la TSM en el Pacífico Tropical (Niño4 y Niño3), es probable la ocurrencia de por lo menos un evento El Niño durante el periodo 2009-2015, cuya intensidad en cuanto a lluvias sería similar al evento 1982/83 (con referencia a Chulucanas).

**18.** La tendencia de incremento de las precipitaciones en el escenario A2, podría ser más acentuada en las estaciones de verano y otoño sobre la Cuenca Media y Alta principalmente, y en el B2 los resultados sugieren que no habría mayores cambios de lo que ya se viene observando. En el invierno y primavera, ambos escenarios sugieren que la tendencia no presentaría mayores cambios.

**19.** La tendencia de la Temperatura Media del aire al 2020, en ambos escenarios, es positiva, lo cual es concordante con lo que se viene observando. Este calentamiento sería mayor en el Bajo Piura durante el verano y primavera. Asimismo, para la Cuenca Media y Alta se espera que estos incrementos se den entre el invierno y primavera principalmente en el escenario A2. Las Cuencas Media y Alta podrían presentar tendencias negativas durante el otoño, siendo esto más significativo en el escenario A2. Hacia el 2035, ambos escenarios continúan proyectando una tendencia progresiva al incremento de la Temperatura Media tanto en la zona litoral, como en el valle del bajo Piura, la quebrada San Francisco y la subcuenca Yapatera, siendo algo mayores en la primavera y en el escenario A2.

#### ¿Qué pasará con El Niño en el futuro?

##### ¿Con qué frecuencia ocurrirá? ¿Y el nivel del mar?

**20.** El análisis de la TSM en las zonas Niño1+2, 3 y 4 muestran una clara tendencia ascendente en los próximos 50 años, tal como indica el cuadro 2, el cual fue confeccionado en base a los modelos de mayor y menor tasa de incremento de la TSM en toda el área de desarrollo del evento El Niño.

than El Niño 1982-83 but less than El Niño 1997-98. There is also a scenario that indicates, with a minor probability, that only one rainy event could develop, greater than the one in 1982-83 but less than that in 1997-98.

**17.** Besides, taking into account the results of the statistical regionalization method, that indicates an increase in rainfall for the period 2009 to 2015 in the middle portion of the Basin, which is consistent with the gradual increase of the SST in the Tropical Pacific (Niño 4 and Niño 3), it is very likely that it occurs, at least, one El Niño event during the period 2009 to 2015, and its intensity of the rainfall would be similar to the El Niño event in 1982 /83 (with reference to Chulucanas)

**18.** The trend of rainfall increase in scenario A2, could be stressed during summer and fall seasons, mainly over the Middle and High Basin and in scenario B2 the results suggest that there will be no significant changes besides the ones that are already being observed. In the winter and spring season, both scenarios suggest that the trend shows that no greater changes would take place.

**19.** The trend for the average Temperature of the air for 2020. in both scenarios, is positive, which agrees to what is being observed. This warming would be greater in the Low Piura during summer and spring. Likewise, for the Middle and High Basing it is expected that this temperature increase will take place in winter and spring, mainly in scenario A2. The middle and High Basin could possibly present a negative trend during fall. This is more significant in scenario A2. Towards 2035 both scenarios continue to project a progressive increase trend of the average temperature in the coastal zone, as well as in the valley of the low Piura river, in San Francisco steep-sided valley, and the Yapatera Subbasin. This increase is greater in spring and in scenario A2.

#### What will happen with El Niño in the future?

##### With what frequency will they happen? And the sea level?

**20.** The analysis of the SST in the zones Niño1+2, 3 and 4, show a clearly rising trend for the next 50 years, as it is shown in table 2. The analysis was made based on the models of major and minor increase rates of the SST in the entire area where El Niño event develops.



**Cuadro 2:** Tendencia de la TSM en °C/50 años para las regiones Niño 1+2, Niño 3 y Niño 4

| Tendencia por 50 años (°C/50 años) | NIÑO 1+2 | NIÑO 3 | NIÑO 4 |
|------------------------------------|----------|--------|--------|
| Tendencia máxima                   | 1.2      | 1.3    | 1.2    |
| Tendencia mínima                   | 0.6      | 0.5    | 0.5    |

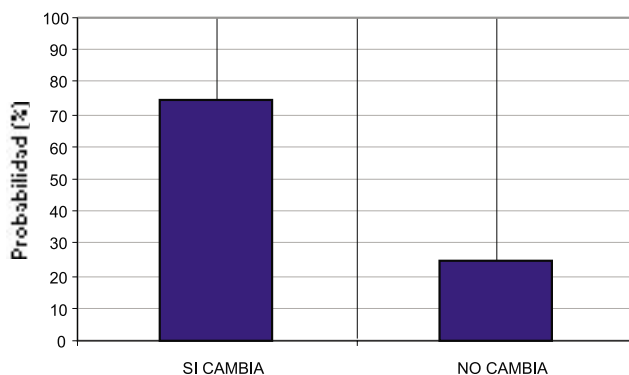
**Chart 2:** Trend of the SST in °C/50 years for the regions Niño 1+2, Niño 3 and Niño 4

| Trend for 50 years (°C/50 years) | NIÑO 1+2 | NIÑO 3 | NIÑO 4 |
|----------------------------------|----------|--------|--------|
| Maximum Trend                    | 1.2      | 1.3    | 1.2    |
| Minimal Trend                    | 0.6      | 0.5    | 0.5    |

21. De acuerdo a los resultados de los modelos MPIfM y NCAR, se estima una mayor probabilidad de que la intensidad de los futuros eventos El Niño aumenten, pero no hay un acuerdo en los periodos de recurrencia; y hay una menor probabilidad de que la intensidad de los eventos El Niño no varíe en los próximos años y que se presenten tal como hasta ahora se vienen dando. (ver Fig. 7)

21. According to the results of the models MPIfM and NCAR, it is estimated that there is a greater probability that the intensity of future El Niño events is to be increased, but there is not an agreement on the periods of recurrence. There is a minor probability that the intensity of El Niño will not change in the next years and that they will occur as they have been doing up till now. (See Fig. 7).

**Fig. 7:** Probabilidad de cambio de intensidad de los eventos El Niño.



**Fig. 7:** Probability of change of intensity of El Niño events.

22. Los modelos globales a escala mundial indican variaciones graduales en el nivel medio del mar al año 2020 en el rango de 4 a 6 cm. Considerando que el océano está integrando en el tiempo una fuente de calor anómala cada vez más grande (GEI), estas proyecciones podrían oscilar entre 15 a 21 cm hacia el año 2050. En términos regionales los cambios del nivel del mar no serán los mismos para cualquier localidad a causa de los movimientos naturales de la tierra (temblores, terremotos) y a variaciones naturales y por efecto antropogénico en las líneas costeras.

22. The global models worldwide indicate gradual variations in the level of the sea between to 2020 ranging from 4 to 6 cm. Considering that the ocean is integrating an anomalous heat source that gets bigger, this projections could oscillate between 15 –21 cm toward 2050. On regional terms, At a regional scale, the changes of the sea level will not be the same for just any sit, due to the earth natural movements (quakes, earthquakes) and to natural variations and anthropogenic effects on the coastal lines.

### ¿Cómo afectaría el cambio climático a la agricultura?

### How would climate change affect agriculture?

23. La determinación del balance hídrico es importante porque permite evaluar y cuantificar los recursos hídricos que están disponibles en una cuenca; ya que éste viene a ser la comparación entre los valores estimados de la evapotranspiración potencial y el aporte por la precipitación, normalmente tomando como base periodos mensuales.

23. The determination of the water balance is important because it allows to evaluate and to quantify the water resources available in a basin, since it is a comparison between the estimated values of the potential evapotranspiration and the contributions of rainfall, normally made on a monthly period basis.

**24.** Considerando el escenario de alta emisión de gases de efecto invernadero (A2), en el *Bajo Piura*, las precipitaciones al 2035 se proyectan deficitarias, lo cual sumado al incremento de evapotranspiración se traduciría en un déficit de balance hídrico. En el mejor de los casos, el déficit de balance sería de 10 mm en la parte baja y de 60 mm por quinquenio en la parte alta; con alta probabilidad de ocurrencia en cualquiera de los quinquenios analizados.

**25.** En las partes altas de la subcuenca de San Francisco, la evapotranspiración sería superior a la precipitación lo cual resultaría en un balance hídrico deficitario en la parte baja, un balance próximo al normal en la parte media y ligeramente superior al histórico en la parte alta de esta subcuenca. En el mejor de los casos, se proyecta que el balance hídrico superaría sus valores normales en las partes altas, pudiéndose presentar excesos de hasta 200 mm en alguno de los seis quinquenios analizados. En el peor de los casos, el balance hídrico sería deficitario hasta en 220 mm. en alguno de los quinquenios analizados.

**26.** Las precipitaciones esperadas para las partes altas de la Subcuenca de Yapatera, serían superiores en 390 mm en promedio, mientras que en las partes bajas podrían ser deficitarias hasta en 25 mm, por lo que el balance hídrico superaría sus valores normales en las partes altas de esta subcuenca, pudiéndose presentar excesos de hasta 350 mm. En el peor de los casos, el balance hídrico sería deficitario hasta en 300 mm, lo cual podría presentarse en las partes bajas de esta subcuenca.

#### ¿El cambio en el clima traerá eventos meteorológicos extremos?

**27.** Las zonas que podrían presentar máximos valores de Precipitación Extrema durante el verano y otoño en los próximos 20 años, se ubican en el Bajo Piura y Cuenca Media del río Piura, cerca de Miraflores, Chulucanas, Morropón y Virrey.

**28.** Altos valores de Temperaturas Máximas Extremas para DJF y MAM para los próximos 15 años se podrían tener en la Cuenca Media, incluyendo a Chulucanas, Morropón, San Miguel.

**29.** Altos valores de Temperaturas Mínimas extremas para DJF y MAM para los próximos 20 años se podrían tener en el Bajo Piura y cerca de la costa.

**24.** Considering the high emission of greenhouse gases scenario (A2), in the Low Piura, rainfall to 2035 it is projected that there would be a deficit. This situation added to the increase of evapotranspiration will result in a water balance deficit. At best, the deficit balance would be 10 mm in the low part of the river and of 60 mm for a 5 year period, in the higher part; with a high occurrence probability during any of the 5 years periods that were analyzed.

**25.** In the highest parts of the subbasin of San Francisco, evapotranspiration would be greater than rainfall, which will result in a deficit water balance deficit in the lower part, a water balance almost normal at the middle part, and slightly greater than the historical balance, in the higher part of this subbasin. At best it is projected that the water balance will exceed normal values in the higher parts, having a surplus of up to 200mm in some of the analyzed quinquennials. At worst, there would be a deficit in the water balance of up to 200mm in some of the analyzed quinquennials.

**26.** The expected rainfalls for the higher parts of the Yapatera river subbasin, would exceed in a 390mm average. Whilst in the lower parts there could be a deficit in rainfalls up to 25 mm, for which the water balance would exceed its normal values in the higher parts of this subbasin, and there could occur a surplus of up to 350 mm. At worst, the water balance would present a shortage of up to 300mm, which is likely to occur in the lower parts of the subbasin.

#### Will climate change bring meteorological extreme events?

**27.** The zones that might present maximum values of extreme rainfall during summer and fall in the next 20 years, are located in the low part of Piura and the middle basin of the Piura river, near MIRAFLORES, CHULUCANAS, MORROPON and VIRREY.

**28.** High values of maximum extreme temperatures for DJF and MAM for the next 20 years might be in the middle parts of the basin, including CHULUCANAS, MORROPON and SAN MIGUEL.

**29.** High values of minimum extreme temperatures for DJF and MAM for the next 20 years, might take place the low part of the Piura basin, near the coast.



**CONAM**  
POR EL DESARROLLO SOSTENIBLE

*El Consejo Nacional del Ambiente - CONAM es la Autoridad Ambiental Nacional creada mediante Ley N° 26410 en 1994 para promover el Desarrollo Sostenible, propiciando un equilibrio entre el desarrollo socio económico, la protección del ambiente y el bienestar social. Su finalidad es planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la Nación.*

ISBN 9972-824-18-7



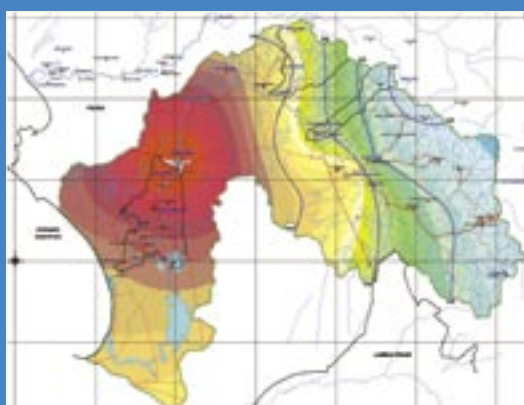
9 789972 824180



La Cuenca del Río Piura tiene relevante importancia para la economía del Perú, con un gran potencial de desarrollo agroexportador, pesquero y turístico que genera importantes divisas al país. Sin embargo, ha estado expuesta a diferentes eventos extremos, como el fenómeno El Niño y a sequías recurrentes, lo que implica una alta vulnerabilidad ante los impactos del Cambio Climático.

Esta investigación, coordinada en el marco del Programa de Cambio Climático y Calidad de Aire - PROCLIM por el Consejo Nacional del Ambiente - CONAM, es un importante aporte para el conocimiento de los procesos del cambio climático y como consecuencia de ello, puede ser considerada como una herramienta para incorporar la variable climática en los procesos de planificación y gestión del desarrollo de la cuenca, hacia un verdadero desarrollo sostenible.

En esta investigación se presenta información base respecto a los escenarios climáticos utilizados, la metodología, y los análisis y conclusiones de los resultados de la generación de escenarios climáticos regionales pasados y futuros.



The Piura River Basin is of great importance for the Peru economy. It has a great potential for agricultural exportation, fisheries, and touristic development, generating important incomes to the country. However, it has been exposed to different extreme weather events, such as El Niño and recurrent droughts, which implies high vulnerability to the impacts of Climate Change.

This research, coordinated within the Framework of the Climate Change and Air Quality Program - PROCLIM by the National Environmental Council - CONAM; is an important contribution to better understand climate change processes, and consequently it can be considered a tool to incorporate a climate variable into the planning and management process of the river basin development that would allow the achievement of a real sustainable development.

This research presents basis information regarding climate scenarios that were used, the methodology and analysis and the conclusions resulting from the generation of regional climate scenarios in the past and future.



Este trabajo se realizó en el marco del PROCLIM, Programa de Cambio Climático y Calidad del Aire que fue desarrollado entre 14 instituciones públicas y privadas en 3 regiones priorizadas del país. El programa fortaleció capacidades nacionales para una gestión efectiva de los recursos humanos y financieros ante el Cambio Climático. El PROCLIM contó con el apoyo de la Cooperación Holandesa y fue coordinado por el CONAM.