







# PRESENTACION

RESULTADOS DEL PROYECTO INAP (Donación TF 056350)

INFORME FINAL JULIO DE 2011



**PROYECTO NACIONAL PILOTO DE ADAPTACIÓN – INAP.****Dr. Juan Manuel Santos Calderón.**

Presidente de la República.

**Dr. Diego Andrés Molano Aponte.**Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación  
Internacional**Dra. Beatriz Uribe Botero**

Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

**DIRECCION GENERAL****Dr. Ricardo José Lozano Picón**

Director Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

**Dr. Fabio Arjona Hincapié**

Director Ejecutivo. Conservación Internacional – Colombia

**Dr. Francisco Armando Arias Isaza**Director Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito  
Vives de Andrés - Invemar**Dr. Juan Gonzalo López Casas**

Director Instituto Nacional de Salud

**Dra. Elizabeth Taylor Jay**Directora Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago  
de San Andrés, Providencia

y Santa Catalina – Coralina.

**DIRECCIÓN TÉCNICA****Dra. Ángela Andrade**

Coordinadora Técnica

**Dra. Luz Marina Arévalo Sánchez**

Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental – IDEAM.

**Dr. Ernesto Rangel Mantilla**

Subdirector de Meteorología – IDEAM.

**Dra. Margarita Gutiérrez Arias**

Subdirector de Estudios Ambientales – IDEAM.

**Dr. Omar Franco.**

Subdirector de Hidrología – IDEAM.

**EQUIPO EJECUTOR PROYECTO INAP:****Componente A**

Coordinadores

**Dr. Jorge Zea. (Junio 2006 – Abril 2010) (Q.E.P.D.)**

**Sandra Mejía.(Mayo 2010– Junio 2011)**

**Profesionales.**

Henry Benavides, Claudia Johana Caro, Luis Alfonso López Gerardo Montoya, Franklyn Ruiz, José Daniel Pabón, Jorge Semma, Lázaro Supelano, Araminta Vega

**Componente B “Alta Montaña”**

Coordinador

**Klaus Schutze Páez.**

**Profesionales**

Ana M. Arriaga, Jeimy Avendaño, Fabián Caicedo, Angélica Cardona, Luz Helena Hernández, Héctor F. Mafla, Félix Ignacio Meneses, María M. Medina, José Ville Triana.

**Colaboradores en Campo.**

Margarita Alayon, Jose Maria Avella, Jairo Cifuentes, Nelly Cubillos, Héctor Flórez, María Inés Florez, Anais Hortua, Jhon Freddy Leon, Julio Cesar Martínez, Karol,

Martínez, Maira Esperanza Martínez, Rosalba Martínez, Rosario Martínez, Blanca Luz Parra,

Nelly Parra, Aldemar Pulido, Ana María Raigozo, Alexander Rodríguez Pulido, Reynaldo Silva, María Del Carmen Vargas, Carolina Vera, Rolando Zamora.

### **Grupo de Monitoreo del Ciclo del Agua y el Carbono del IDEAM**

Jorge Luis Ceballos, Oscar Martínez, Claudia Olarte.

### **Firmas Consultoras**

EPAM S.A. E.S.P, CORPORACIÓN SUNAHISCA, Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Agronomía

### **Componente C – Insular Continental**

Coordinadora

**Paula Cristina Sierra Correa.**

### **Profesionales**

Carlos Alberto Andrade, Mario Cabezas, David Alonso Carvajal, Jesús Garay Tinoco, Diego Gil, Diana Isabel Gómez, Kelly Gómez, Carolina Gutierrez Moreno, Angela López, Tomás López, Pilar Lozano, Milena Marrugo Pascuales, Raul Navas Camacho, Italo Pineda, Juan José Sierra, Johanna Vega Sequeda.

### **Colaboradores Laboratorio Sistemas de Información y Telemática**

Julio Bohórquez, Raul Carrera, Samir Hinojosa, Rafael Lastra, Julián Pizarro, Daniel Rozo, Victor Santafé

### **Asistente técnico**

Ana Marlene Arriaga (Agosto 2008 - Enero 2010), Yeimy Vargas Castillo (Abril 2010 – Mayo 2011),

### **Apoyo Administrativo y Logístico (campo y oficina)**

Dorismel Bravo, Fernando Cadena, Johanna Calle Tribiño, Catalina Casas, Diego Duque, Orlando Herrera, Calixto Bowie Hooker, Luis Hernando Londoño, Santiago Márquez, Laura Muñoz, Gabriel Navas, Mabellinis Osorio, Alex Perez Lopera, Alberto Rodríguez, Javier Suárez, Ameth Vargas.

**Componente C – Insular oceánico.**

Honorables Miembros Consejo Directivo Coralina

**Supervisora Componente**

Opal Marcela Bent Zapata

Subdirectora de Gestión Ambiental CORALINA

**Coordinadora Técnica CIO-INAP**

Margarita Rojas Rueda

**Asistente Administrativa CIO-INAP**

Sonia Jay Archbold

Mayda Hawkins.

**Profesionales:**

Marion Wiles Howard, Martha Prada Triana, Andrea Piñeros, Sonia Jay, Keidy Robinson Ramírez, Richard Chow Maya, Doris Liliana Otálvaro Hoyos, Liane Gamboa Corrales, Leonardo Arango Lopez, Ernesto Connolly Pomare, German David Valencia, Claudio Varini, Elizabeth Outten Lynton, Dixie Elisa Rodríguez Bent, Jenny Flores Corpus.

**Técnicos de Campo**

Olga Lucia Queeman Diaz, Zunilda Baldonado Hudgson, Leyla Ward Telesford, Arelis Howard Archbold, Hernán Cleveland Amador Hawkins, Angel Rogan Webster Dawkins, Nicassio Howard Archbold, Zully Alice Robinson Mc.laughlin.

**Firmas consultoras**

Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín, Facultad De Minas.

Escuela De Geociencias Y Medio Ambiente.

**Componente D**

Coordinadora

**Salua Osorio Mrad.**

**Colaboradores**

Viviana Cerón, Harish Padmanabha, Camila Gonzales, Camilo Rubio, Edison Sonto, Fabio Correa, Federico Andrade, Heovany Espinosa, José Moreno, Lorena Orjuela, Manuela Herrera, Marcelo Torres, Marzia Vargas, Olga Ospina, Patricia Gutiérrez.

**Agradecimientos generales:** Instituto Nacional de Salud; Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública (Grupo Factores de Riesgo del Ambiente, Grupo Enfermedades Transmitidas por Vectores, Grupo Análisis de Situación en Salud, Grupo Sivigila), Subdirección Red Nacional de Laboratorios (Grupo Entomología, Grupo Parasitología, Grupo Virología), Subdirección de Investigación (Grupo Entomología), Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, Subdirección de Estudios Ambientales, Subdirección de Meteorología, Secretaria de Salud de Armenia, Secretaria de Salud de Barranquilla, Secretaria de Salud de Bucaramanga, Secretaria de Salud de Córdoba, Secretaria de Salud de Floridablanca, Secretaria de Salud de Santander, Secretaria de Salud del Guaviare, Secretaria de Salud del Valle del Cauca, Instituto Seccional de Salud del Quindío, Universidad CES, Universidad de la Florida, Universidad de Yale, Universidad del Norte, Universidad del Quindío, Universidad Nacional de Colombia, Escuela de Ingeniería de Antioquia, International Research Institute for Climate and Society, Ministerio de la Protección Social.

**Agradecimientos personales:** Alba María Amaya, Carlos García, Daniel Ruiz, Edwin Pachón, Elsa Bravo, Ernesto Rangel, Giannina Torres, Gilma Mantilla, Henry Agudelo, Hugo Oliveros, Humberto Escobar, Jaqueline Espinosa, Javier Herrera, John González, Jorge de las Salas, Judy Omumbo, Leonardo Castro, Liliana Quintero, Lucía Suarez, Luis Alfonso López, Madeleine C. Thomson, María Helena Cuellar, María Paula Aparicio, Martha Ahumada, Pedro Arango, Roberto Barrera, Silvia María Acosta, Simon Mason, Ulises Confalonieri, Todo el equipo de técnicos de vectores de cada secretaria de salud que nos acompañó en el trabajo de campo (Comunidad de los barrios de Chiquinquirá y Ciudadela de Barranquilla, Comunidad del barrio Colinas de Floridablanca, Comunidad del barrio La Fachada de Bucaramanga, Comunidad de la vereda Barrancón de San José de Guaviare, Comunidad de las veredas Citronela y Zacarias de Buenaventura, Comunidad de la vereda Tierralta de Montelíbano, Comunidad de la vereda Juan José de Puerto Libertador, Comunidad de la vereda Santa Mónica de Guapi..

#### **EQUIPO ADMINISTRATIVO.**

**Dra. Blanca Dorelly Estepa.**

Directora Administrativa Conservación Internacional.

**Dr. Omar Martínez.**

Especialista en Adquisiciones Proyecto INAP.

**Dra Maria Rocio Arjona**

Asesora Jurídica

**Ing. Alejandro Ayala Rodríguez**

Apoyo a la Coordinación

**Magda Corredor.**

Asistente Administrativo Conservación Internacional

**Agradecimientos Especiales:** Carlos Costa, Adriana Soto, Mauricio Cabrera, Fernando Salazar, Cesar Buitrago, Marta Duarte, Gladys Moreno, Patricia Cuervo, Germán Andrade, Lorena Franco, José Daniel Pabón, Francisco Boschel, Luz Dary Yepes, Hebert Gonzalo Rivera, Maximiliano Enríquez, Xiomara Sanclemente; Walter Vergara, Robert Damania, Alejandro Deeb, Daniel Mira Salama, Alejandro Zarzar; miembros del panel científico Leonardo Gónima, Francisco Boshell, Germán Poveda; Daniel Ruiz, Cesar Ruiz, Yves Thomas; Anthony Chatwin; Johannes James, Luz Elvira Angarita, Roberto Barrera, y Ulises Confalonieri, Edward Davey, Maria

**Agradecimientos Generales:** Gobernación de Cundinamarca; Alcaldía Municipal de La Calera (Cundinamarca.) Planeación Municipal, Comité Ambiental Municipal – CAM- Sistema Integral de Gestión Ambiental SIGAM – Comité Interinstitucional de Educación Ambiental - CIDEA; Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria – UMATA; Alcaldía Municipal de Choachí (Cundinamarca) Planeación Municipal; Unidad Municipal de Asistencia Técnica Agropecuaria – UMATA; Institución Educativa Departamental Rural Integrada de La Calera; Juntas de Acción Comunal y de Acueductos veredales de los municipios de La Calera y Choachí; Comité Local de Prevención y Atención de Desastres- CLOPAD; Secretaría de Salud del Valle, Secretaría de Salud del Guaviare, Secretaría de Salud de Córdoba, Secretaría de Salud del Cauca;

Unidad Administrativa Especial del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales (UAESPNN) Territorial Costa Caribe y Oficina de Comunicaciones Bogotá, Parque Nacional Natural Chingaza, Parque Nacional Natural Los Nevados, Parque Nacional Natural Nevado del Cocuy, Parque Nacional Natural Archipiélago Nuestra Señora Corales del Rosario y San Bernardo (PNN-CRSB); Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-EAAB, Dirección General Marítima (DIMAR), Señalización Marítima del Caribe (SEMAC), Capitanía de Puerto San Andrés, Capitanía de Puerto Cartagena, Comunidades de los sectores Tom Hooker, Ciudad Paraíso, Schooner Bight. Comunidad de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Universidad Nacional-Facultad de Medicina – Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Javeriana, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Universidad de Columbia-International Research Institute; Universidad Jorge Tadeo Lozano-Sede Santa Marta, Oceanario CEINER, Ecolodge & Dive Center Isla Fuerte, Centro de Buceo Punta Faro, Centro de Buceo Dolphin Dive School, Pasantes Sistema de Monitoreo Arrecifes Coralinos (SIMAC); comunidades de San José del Guaviare, Buenaventura, Montelíbano, Puerto Libertador y Guapi, Comunidades integrantes de los “Planes de Vida Adaptativos” de las veredas de El Manzano, El Cerro, Mundo Nuevo, Jangada y La Hoya, La Caja, El Rosario y Chatasugá, del Municipio de la Calera y las veredas de Potrero Grande y La Victoria del Municipio de Choachí.



THE WORLD BANK  
Washington, D.C.



"Desde 1917 comprometidos con la Salud Pública"



CONSERVACIÓN  
INTERNACIONAL  
Colombia



coralina  
CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL  
ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

## TABLA DE CONTENIDO

Anexos.....	15
Anexo Componente A.....	15
Anexo Componente B.....	15
Anexo Componente C.....	15
Anexo Componente E.....	16
Lista de acrónimos y abreviaturas.....	19
Contexto .....	23
Contexto Global.....	23
Contexto Nacional.....	23
Componente A	
Producción de información sobre clima, variabilidad climática y cambio climático como apoyo para la toma de decisiones.	
– IDEAM –.....	29
Desarrollo de Escenarios de Cambio Climático.....	32
Complementar y reforzar la red de estaciones de referencia para el seguimiento del cambio climático.....	36
Fortalecimiento de la capacidad técnica y científica, con el fin de garantizar la sostenibilidad de las actividades del proyecto.....	36
Componente B	
Diseño e implementación de un programa de adaptación para garantizar el mantenimiento de los servicios ambientales en el macizo de Chingaza.	
– IDEAM –.....	47
Ciclo del agua.....	49
Ciclo del carbono.....	54
Reducción de los impactos adversos en la regulación hídrica del la cuenca del Río Blanco.....	55
Mejoramiento de los agroecosistemas productivos en la cuenca del Río Blanco del Macizo del Chingaza.....	57
Modelos de planificación del uso de la tierra que incorporan los impactos del cambio climático: .....	62

## Componente C

Diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del caribe colombiano.

-INVEMAR - CORALINA- .....	69
Implementación de un sistema de monitoreo ambiental .....	70
Monitoreo de arrecifes coralinos (protocolo SIMAC / CARICOMP) en la AMP CRSBeIF:.....	75
Demarcación y gestión de Áreas Marinas Protegidas.....	77
Establecimiento de una guía e implementación de acciones de manejo para recursos marinos y costeros en cayos y bancos remotos .....	83
Desarrollo de lineamientos para incorporar alternativas favorables al cambio climático global en el diseño de viviendas, incluyendo el uso de energías alternativas para la isla de San Andrés .....	85
Cambios en las prácticas tradicionales agropecuarias para reducir la erosión y los impactos sobre el medio marino y costero .....	85
Implementación de un sistema de monitoreo de erosión costera como herramienta de manejo ambiental .....	87

## Componente D

Respuesta al incremento de la exposición de vectores de enfermedades tropicales (malaria y dengue) inducidos por el cambio climático.

-INS- .....	91
Dengue .....	92
Malaria.....	94
Resultados institucionales más relevantes.....	99

## Componente E..... 103

Manejo administrativo y financiero del proyecto.

### -CONSERVACIÓN INTERNACIONAL -

Ejecución financiera .....	105
Adquisiciones .....	107
Sistema de monitoreo y evaluación.....	107
Auditoría y misión financiera.....	107
Lecciones aprendidas.....	111

Componente A. Producción de información sobre clima, variabilidad climática y cambio climático como apoyo para la toma de decisiones..... 111

Componente B. Diseño e implementación de un programa de adaptación para garantizar el mantenimiento de los servicios ambientales en el macizo de chingaza.  
..... 112

Componente C. Diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del caribe colombiano.	112
Componente D. Respuesta al incremento de la exposición de vectores de enfermedades tropicales (malaria y dengue) inducidos por el cambio climático.....	114
Componente E. Administración .....	115
Bibliografía.....	119



## Anexos

### Anexo Componente A

Anexo 1. Escenarios de CC para Colombia.pdf

Anexo 2. Documento Evaluacion EscenariosColombia.pdf

Anexo 3. Nota técnica.pdf

### Anexo Componente B

Anexo 4. Monitoreo a los ciclos del agua y carbono en ecosistemas de alta montaña

Anexo 5. Aspectos del cambio climático y adaptación en el ordenamiento territorial de la alta montaña.pdf

Anexo 6. Sistemas agroforestales y restauración ecológica como medidas de adaptación al cambio climático en alta montaña.pdf

### Anexo Componente C

Anexo 7. Diseño GOOS y primer informe.pdf

Anexo 8. Boletines Cambio climático

Anexo 8A. Informe\_analisis\_seguimiento\_calidad\_datos.pdf

Anexo 9. Monitoreo de arrecifes coralinos.pdf

Anexo 10. Anexo 10.\_Analisis\_condiciones\_ambientales\_historicas\_del\_AMP.pdf

Anexo 11. Lineamientos\_de\_manejo\_en\_AMP-CRSBeIF.pdf

Anexo 12. Demarcacion\_Rosario\_PNNCRSB.pdf

Anexo 13. Demarcación y señalización AMP.pdf

Anexo 14. Plan\_Investigaciones\_Arrecifes\_Coralinos\_AMP-CRSBeIF.pdf

Anexo 15. Investigacion\_termotolerancia\_en\_corales.pdf

Anexo 16. Investigacion\_conectividad\_coral\_en\_AMP-CRSBeIF.pdf

Anexo 17. SMIAS.pdf

Anexo 18. Acuífero.pdf

Anexo 19. PMA Cayo Bolivar.pdf

Anexo 20. Esquema Participativo Control y Vigilancia.pdf

Anexo 21. Casa Modelo.pdf

Anexo 22. Propuesta de producción agrícola sostenible.pdf

Anexo 23. Políticas de población.pdf

### **Anexo Componente D**

Anexo 24. Elementos para el mejoramiento del monitoreo del desempeño de la microscopía óptica de malaria.pdf

Anexo 25. Sistema de Vigilancia Malaria.pdf

### **Anexo Componente E**

Anexo 26. Corredor de Conservación.pdf

Anexo 27. Análisis Costo-beneficio INAP.pdf



# **ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS**



## Lista de acrónimos y abreviaturas.

<b>AGGRA:</b> Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment.	<b>EETA:</b> Estructura Ecológica Territorial Adaptativa.
<b>AMP:</b> Área Marina Protegida.	<b>ENSO:</b> El Niño Southern Oscillation.
<b>BID:</b> Banco Interamericano de Desarrollo.	<b>ETV:</b> Enfermedades Transmitidas por Vectores.
<b>BM:</b> Banco Mundial.	<b>GCM:</b> Global Climate Model.
<b>CAD:</b> Centro Administrador de Datos.	<b>GEF:</b> Fondo Mundial para el medio Ambiente.
<b>CAM:</b> Community Atmosphere Model.	<b>GEI:</b> Gases de Efecto Invernadero.
<b>CAM:</b> Consejo Ambiental Municipal.	<b>GOOS:</b> Sistema de Observación Global de los Océanos para el Caribe sur occidental.
<b>CCG:</b> Cambio Climático Global.	<b>GTNH:</b> Grupo de Trabajo en Hielos y Nieves Andinos.
<b>CCSM:</b> Community Climate System Model.	<b>IANC:</b> Índice de Agua No Contabilizada.
<b>CCSP:</b> Climate Change Science Program.	<b>IDEAM:</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<b>CDB:</b> Convenio de Diversidad Biológica.	<b>INAP:</b> Proyecto Nacional Piloto de Adaptación.
<b>CER:</b> Certificados de Reducción de Emisiones.	<b>INS:</b> Instituto Nacional de Salud.
<b>CI:</b> Conservación Internacional.	<b>INVEMAR:</b> Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis”
<b>CIAT:</b> Centro Internacional de Agricultura Tropical.	<b>IPCC:</b> Panel intergubernamental de Cambio Climático.
<b>CLOPAD:</b> Comité Local de Prevención y Atención de Riesgos.	<b>IRI:</b> International Research Institute for Climate Prediction.
<b>CMNUCC:</b> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.	<b>MAVDT:</b> Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.
<b>CONPES:</b> Consejo Nacional de Política Económica y Social.	<b>MBRS-SMP:</b> Mesoamerican Barrier Reef System – Synoptic Monitoring Program.
<b>COP:</b> Conferencia de las partes.	<b>MDL:</b> Mecanismo de Desarrollo Limpio.
<b>CORALINA:</b> Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	<b>MRI:</b> Meteorological Research Institute of Japan.
<b>CPACC:</b> Caribbean Project of Adaptation to Climate Change.	<b>msnm:</b> Metros sobre el Nivel del Mar.
<b>CRSBeIF:</b> Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte.	<b>NCAP:</b> Programa Holandés de Cambio Climático.
<b>DANE:</b> Departamento Administrativo Nacional de Estadística.	<b>NCAR:</b> National Center for Atmospheric Research.
<b>DNP:</b> Departamento de Planeación Nacional.	<b>NCEP:</b> National Centers for Environmental Prediction.
<b>EAAB:</b> Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.	<b>OCCRE:</b> Oficina de Control de Circulación y Residencia.
<b>EEID:</b> Evaluación Externa Indirecta del Desempeño.	<b>OMS:</b> Organización Mundial de la Salud.
	<b>OPS:</b> Organización Panamericana de la Salud.
	<b>PCN:</b> Primera Comunicación Nacional
	<b>PIB:</b> Producto Interno Bruto.
	<b>PNN:</b> Parque Nacional Natural.

**POAs:** Planes Operativos Anuales.

**POT:** Planes de Ordenamiento Territorial.

**PRECIS:** Providing Regional Climates for Impacts Studies.

**RCM:** Regional Climate Model.

**SAF:** Sistema Agro forestal.

**SAT:** Sistema de Alerta Temprana.

**SCN:** Segunda Comunicación Nacional.

**SIGAM:** Sistema de Gestión Ambiental Municipal.

**SIMAC:** Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia.

**SIVCMD:** Sistema Integrado de Vigilancia y Control para Malaria y Dengue.

**SIVIGILA:** Sistema de Vigilancia Epidemiológico Nacional.

**SMIA:** Sistema de Manejo Integrados de Agua.

**SVCSP:** Sistema de Vigilancia y Control en Salud Pública.

**SWAT:** Soil and Water Assesment Tool.

**TNC:** The Nature Conservancy.

**TSM:** Temperatura Superficial del Mar.

**UAESPNN:** Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales.

**UMATA:** Unidades Municipales de Asistencia Técnica

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura.

**VPN:** Valor Presente Neto.

**WRF.** Weather Research and Forecast Model.



**CONTEXTO**



## Contexto

### Contexto Global

Desde hace más de dos décadas, la comunidad científica mundial empezó a alertar que la tierra se estaba calentando a un ritmo sin precedentes. Si bien el clima siempre ha presentado variaciones, el problema actual es que en los dos últimos siglos el ritmo de estas variaciones se ha acelerado. Al buscar la causa de esta aceleración se encontró la existencia de una relación directa entre el calentamiento global y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provocado por las actividades humanas. En este sentido el principal de los GEI emitidos a la atmósfera por el ser humano es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que resulta como consecuencia de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) utilizados para la producción de energía y el transporte. Otros GEI son el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), clorofluorocarburos (CFC) y compuestos perfluorados. Las concentraciones de CO<sub>2</sub>, en 2009 fueron de 386 ppm, excediendo sustancialmente a las existentes en los últimos 650.000 años, debido fundamentalmente a la quema de combustibles fósiles, y en menor medida al uso de la tierra (Fondo Mundial para la Naturaleza 2010).

Durante el 2007 se publicó el cuarto informe de evaluación del IPCC (Panel intergubernamental de Cambio Climático) que ha supuesto un avance muy significativo en el conocimiento científico, técnico y socio económico del cambio climático. Entre las conclusiones más destacadas del cuarto informe encontramos las siguientes: “El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como ya es evidente de las observaciones e incrementos en el promedio de la temperatura del aire y del océano, la fundición de nieve y hielo, y el incremento del nivel medio del mar a nivel mundial. (Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2007). Los resultados y conclusiones del informe se basan en el análisis de datos e información desde la década del 70 así como evidencias físicas en varias partes del planeta que permiten aseverar que, efectivamente algunos cambios en los sistemas físicos y biológicos son consecuencia de los cambios de temperatura y se ven agravados por el uso y manejo que se les está dando. (IPCC, op. cit.)

Dentro de las conclusiones sobre los posibles efectos del cambio climático sobre sistemas y sectores que presenta el grupo de trabajo II del IPCC en el cuarto informe de evaluación es importante destacar que la resiliencia de numerosos ecosistemas se verá probablemente superada en el presente siglo por una combinación sin precedentes de cambio climático, perturbaciones asociadas (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios incontrolados, insectos, acidificación del océano), y otros causantes del cambio mundial (por ejemplo, cambio de uso de la tierra, polución, fragmentación de los sistemas naturales, sobreexplotación de recursos). Igualmente entre un 20 y un 30% aproximadamente de las especies vegetales y animales estudiadas hasta la fecha, estarán

probablemente expuestas a un mayor riesgo de extinción, si los aumentos del promedio mundial de temperatura exceden de entre 1,5 y 2,5°C. Para aumentos del promedio mundial de temperatura superiores a entre 1,5 y 2,5°C las proyecciones indican importantes cambios en la estructura y función de los ecosistemas, en las interacciones ecológicas y desplazamientos de ámbito geográfico de las especies, con consecuencias predominantemente negativas para la biodiversidad y para los bienes y servicios ecosistémicos (por ejemplo, suministro de agua y alimentos). (IPCC, op. cit).

### Contexto Nacional

Para el caso Colombiano, la primera Comunicación Nacional (PCN) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, CMNUCC,<sup>1</sup> muestra resultados de investigaciones y predicciones de modelos climáticos, que evidenciaron el estado de vulnerabilidad del país frente a los impactos esperados del cambio climático. Si bien el país contribuye mínimamente al cambio climático global (0,2% de las emisiones globales) es altamente vulnerable a los efectos de este fenómeno en las esferas social, económica y ambiental. La PCN muestra por ejemplo que en las zonas costeras, 4% de la población sería altamente vulnerable, así como el 75% de las áreas ocupadas por el sector manufacturero y el 49% de los cultivos. La isla de San Andrés desaparecería en un 17% de su territorio, 8% del país sufriría efectos por desertificación mientras que el 95% de los nevados y el 75% de los páramos desaparecerían. (PCN, 2001).

Para los ecosistemas de alta montaña y páramos, considerados de alta importancia tanto por sus endemismos en flora y fauna como por su capacidad en los procesos de regulación hídrica y almacenamiento de carbono en los suelos; se espera que sean afectados especialmente por el aumento de la temperatura. Algunos estudios adelantados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) registran un aumento neto de 0,2 a 0,3 °C por década durante el período 1961-1990 y una disminución de la precipitación mensual de 2 a 3 mm por década para algunas áreas alto andinas (IDEAM 2001). En este sentido, una variación de este tipo generará cambios significativos en la estructura y por ende funcionalidad ecológica de cerca del 70% de estos ecosistemas, incidiendo directamente sobre la producción y regulación hídrica de la cual dependen las actividades productivas y el abastecimiento para el consumo de un alto porcentaje de la población Colombiana<sup>2</sup>.

Otra zona identificada como altamente vulnerable para el país corresponde a la marino costera, la cual presenta cerca de 3.340 km de longitud en dos litorales; el Caribe con 1.818 km de línea de costa y el Pacífico con 1.522 km; se estima que tanto la línea de costa alta, como las

1 Primera Comunicación Nacional a la CMNUCC. IDEAM. 2001.

2 Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia, en Condición Hotspot & Global Climate Tensor. IDEAM 2002

planicies litorales y los ecosistemas costeros e insulares serán afectados por el cambio climático y, en especial, por el ascenso acelerado del nivel del mar. La Universidad Nacional de Colombia por ejemplo, mostró los posibles impactos que traería el hecho que se duplique la emisión de Dióxido de Carbono entre 2050 y 2080, con repercusiones en el incremento del nivel del mar de 2 a 5 mm por año, y aumentos en la temperatura entre 0,7 y 0,9°C para el Caribe Occidental en comparación a los promedios para el periodo de 1961 a 1990. Es probable que los aumentos del nivel del mar provoquen la intrusión salina en los sistemas de abastecimiento de agua dulce basados en acuíferos en las zonas insulares y costeras, la modelación predictiva de las islas pequeñas ha identificado importantes pérdidas de tierras; en el caso de la isla de San Andrés, la Primera Comunicación Nacional indica una pérdida del 17% de la superficie, incluida la mayor parte de la zona costera para 2060 (50 cm de subida del nivel del mar). Estas proyecciones también han sido confirmadas por el programa Holandés de Cambio Climático -NCAP, y van en consecuencia con las observaciones hechas bajo el “Caribbean Project of Adaptation to Climate Change” – CPACC (IPCC, 1995; Caparro y Jaramillo, 2002; INVEMAR, 2003; IDEAM, 2010; IDEAM, 2011).

Frente al tema de salud humana, en la PCN se evidenció que de presentarse una afectación sobre ecosistemas, debido al impacto del cambio climático, necesariamente esta tendrá repercusiones sobre otros factores como son la distribución y proliferación de las poblaciones de vectores, aumentando o disminuyendo la transmisión de algunas enfermedades como malaria, dengue o leishmaniasis. El posible impacto del cambio climático sobre la disponibilidad del recurso hídrico generará cambios en las comunidades frente al uso y almacenamiento del mismo, lo que incide directamente en la producción y transmisión de estas u otras enfermedades. En este sentido, el análisis del impacto del cambio climático sobre la salud humana involucra aspectos y relaciones complejas; sin embargo se podría esperar que, ante un aumento en la temperatura en ciertas regiones del país enfermedades como el dengue y la malaria puedan expandirse a zonas y pisos térmicos más altos.(PCN 2001) Esto genera la necesidad de avanzar en la definición con mayor precisión de las relaciones del cambio climático con posibles epidemias y distribución de enfermedades y vectores, para de esta manera generar sistemas de alerta temprana que permitan atenuar las consecuencias de las mismas.

En respuesta a las inminentes alteraciones como consecuencia del cambio climático o de las interacciones entre éste y la variabilidad climática, el país estructuró y desarrolló el proyecto Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático- INAP, el cual fue desarrollado en marco del Acuerdo de Donación TF 056350 firmado entre la Agencia Presidencial para la Acción Social y la Cooperación Internacional (Acción Social), Conservación Internacional Colombia (CI) y el Banco Mundial el 15 de Junio de 2006 por un monto de US\$ 14.9 millones, recursos provenientes del Fondo Mundial para el medio

Ambiente- GEF, la República de Colombia y otros donantes. Se estableció como objetivo del proyecto apoyar a Colombia en la definición e implementación de medidas piloto de adaptación y opciones de política para prevenir anticipadamente los impactos del cambio climático en ecosistemas de alta montaña, áreas insulares del Caribe Colombiano y salud humana, esta última relacionada especialmente con el tema de posibles epidemias de dengue y malaria.

La identificación e implementación de las medidas de adaptación contempladas en el proyecto INAP respondieron a la necesidad de abordar, y en la medida de lo posible, enfrentar los efectos del cambio climático en los ecosistemas y sectores anteriormente mencionados, para posteriormente replicar las experiencias exitosas a otras áreas del país, y apoyar al gobierno nacional en la formulación de políticas de adaptación al cambio climático. En este sentido, se definieron cuatro componentes técnicos y un componente administrativo; el primero de ellos o componente A que contempla la producción de Información sobre Cambio Climático y variabilidad climática; el segundo - componente B el Diseño e Implementación de un Programa de Adaptación en el Macizo de Chingaza; el tercero - componente C el Diseño e Implementación de un Programa de Adaptación en las Áreas Insulares del Caribe Colombiano y el cuarto – componente D Respuestas a las enfermedades tropicales transmitidas por vectores (dengue y malaria) inducidas por el cambio climático. El quinto componente como ya se mencionó incluyó el manejo administrativo y financiero de todas las actividades del proyecto.

Cada uno de los componentes fue liderado por las instituciones que a nivel nacional tienen la idoneidad y responsabilidad en el manejo de los diferentes temas incluidos en el proceso; es así como los componentes A y B estuvieron a cargo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM); el componente C estuvo a cargo del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andreis” (INVEMAR) y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA); el componente D fue asumido por el Instituto Nacional de Salud.

La Organización No Gubernamental Conservación Internacional Colombia (CI) se encargó de la gestión administrativa y financiera del proyecto, lo cual sumado a su amplio conocimiento en el manejo de proyectos financiados con fondos internacionales, facilitó el cumplimiento de los procedimientos y la ejecución oportuna de los recursos. Adicionalmente su experiencia, en temas de conservación y actualmente en adaptación y mitigación al cambio climático, permitió generar un apoyo técnico permanente en la ejecución de actividades de los diferentes componentes del proyecto. Es así como desde CI se apoyó de manera directa la coordinación técnica general del INAP a cargo del IDEAM.

El Banco Mundial, BM se desempeñó como agencia implementadora del proyecto y apoyó de manera

permanente a las agencias ejecutoras en el cumplimiento de las metas y así lograr una gestión eficaz y una estrecha coordinación y liderazgo en todas las etapas y componentes del INAP. Adicionalmente el BM facilitó el intercambio de experiencias y lecciones aprendidas del INAP con otros proyectos de adaptación a nivel latinoamericano y a nivel global. Es de destacar igualmente que la labor adelantada por el BM frente al apoyo técnico y supervisión continua de los avances y resultados, permitieron lograr resultados ampliamente satisfactorios y pioneros a nivel global.

Adicionalmente, en el Acuerdo de Donación se estableció que el IDEAM ejercería la coordinación general del proyecto, la planificación de las actividades del mismo y presentaría de manera anual un informe con destino al Banco Mundial y Acción Social en el que se mostrarán los resultados de las actividades y el progreso alcanzado durante la ejecución del proyecto, así como las recomendaciones sobre las medidas para asegurar la ejecución técnica eficiente del proyecto y de sus respectivos objetivos. Posteriormente, el BM solicitó que estos informes se presentaran semestralmente, lo cual se ha venido efectuando de manera oportuna, mediante un permanente apoyo de CI, y las demás agencias ejecutoras.

Para la implementación de las medidas correspondientes al Componente B (Alta montaña), se seleccionó el Macizo de Chingaza y el Parque Nacional Natural Nevados (PNN Nevados); el componente C- Marino Costero en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y el Área Marina Protegida Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte (AMP-CRSBeIF) y en el Componente D- Salud Humana, el tema de malaria se trabajó en los municipios de Puerto Libertador y Montelíbano en el Departamento de Córdoba, Buenaventura en el Valle del Cauca y San José del Guaviare en el Guaviare; para dengue en los municipios de Bucaramanga, Armenia, Floridablanca y Barranquilla.

Complementariamente al desarrollo de las actividades de cada componente, las instituciones responsables de su implementación, y en general el país, han venido avanzando en el conocimiento y la definición de acciones tendientes a enfrentar los efectos adversos del cambio climático; es así como el IDEAM, con base en los insumos generados por el INAP, entre otros, publicó a mediados de 2010 la Segunda Comunicación Nacional ante la CMNUCC. En este documento los resultados alcanzados por el proyecto INAP fueron un referente importante para direccionar el tema de cambio climático en los sectores productivos, quienes han venido incluyendo dentro de sus estrategias de trabajo el tema de adaptación, e iniciar un diálogo intersectorial en torno al tema del Cambio Climático. Igualmente el país se ha fortalecido técnica y políticamente frente a los escenarios nacionales e internacionales de negociación y ha participado activamente en diferentes espacios de discusión, siendo el INAP un referente importante en cuanto a proyectos de adaptación a nivel mundial.

Se destaca el apoyo, desde los diferentes componentes del proyecto, a la delegación de Colombia en las sesiones de la CMNUCC el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, IPCC, y el Convenio de Diversidad Biológica, CDB. Adicionalmente en algunos de estos espacios se mostraron los avances del proyecto, convirtiéndolo en un referente para la implementación de otras iniciativas tanto nacional como internacionalmente. A esto se suma la presentación del INAP en eventos regionales promovidos por el BM para discutir logros en adaptación a nivel de Latinoamérica y mundial, así como al interior de la organización Conservación Internacional, siendo reconocido como uno de los programas líderes en materia de adaptación a nivel global. En la COP XV y XVI de Cambio Climático y en la COP X de Nagoya, se tuvo la oportunidad de difundir y compartir las experiencias logradas por Colombia en materia de adaptación lo cual ha permitido posicionar al país como uno de los pioneros en este tema a nivel regional y global.

En el ámbito nacional es de destacar que como uno de los resultados de la incidencia del proyecto en otros sectores se logró la inserción de los conceptos de adaptación al cambio climático en políticas y programas del orden nacional, regional y local, resaltando el Plan Nacional de Desarrollo 2010–2014, el Plan de Acción Ambiental, 2010-2014, la Política Hídrica Nacional (2010), la Política Nacional de Cambio Climático (en elaboración) la actualización de Política de Biodiversidad, la Política de Pobreza y el Plan Nacional de Salud Pública. Igualmente se fortalecieron los espacios de coordinación con otros entes nacionales tal como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; el Departamento Nacional de Planeación; el Ministerio de la Protección Social, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Minas y Energía entre otros.

El INAP contribuyó al fortalecimiento de la gestión, de las instituciones participantes, en materia de cambio climático, el mejoramiento de la capacidad tecnológica, técnica y profesional de las mismas, fortaleció al país en la generación de información básica y especializada para la planificación sectorial y regional teniendo en cuenta la incidencia del cambio climático y dejó abiertas las puertas para avanzar en estrategias y planes de adaptación con una visión integral de manejo que incluye desde las condiciones biofísicas y ecosistémicas propias de las áreas, hasta los aspectos socioculturales de las poblaciones que las habitan; este último aspecto debe ser considerado prioritario y una condición necesaria para que cualquier proceso de adaptación pueda funcionar.

Puntualmente el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, el IDEAM y las diferentes Corporaciones Autónomas, dieron inicio al proceso de conformación de los Nodos regionales de Cambio Climático con el objetivo de, elaborar la política nacional de cambio climático, unir esfuerzos para trabajar articuladamente en el desarrollo de acciones que lleven a disminuir los efectos del mismo y avanzar en la implementación de procesos de adaptación. En este sentido el IDEAM, presta el apoyo técnico necesario

basado tanto en la experiencia del proyecto INAP como en su rol nacional frente al tema.

En los ámbitos regionales y locales, el proyecto influyó en políticas y planes regionales de salud, planes de ordenamiento territorial, planes locales para la prevención de riesgos, entre otros. Es así como, por ejemplo, los municipios de las áreas piloto del componente B (La Calera y Choachí) involucraron en sus procesos de planificación territorial aspectos relacionados con la adaptación al cambio climático; y en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde el proyecto generó información relevante para ser incluida en los temas de política departamental de desarrollo y política poblacional.

Se destaca también la participación del componente de Salud en la mesa de cambio climático de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), en donde los resultados obtenidos en marco del INAP han sido presentados: En este mismo aspecto y con base en las acciones implementadas por el INAP, se dio la participación del componente D en la elaboración de la propuesta “Adaptación Para Los Cambios Climáticos: Sector Salud de La América Latina” la cual contó con fondos del BID.

Para dar solidez científica a los resultados del proyecto, cada uno de los componentes del proyecto estableció un comité científico con expertos en los diferentes temas, quienes de forma diferenciada han brindado un apoyo en el proceso. Adicionalmente, se consideró pertinente presentar en espacios técnico científicos de amplia participación, los resultados del proyecto a fin de tener mayor retroalimentación y discusión sobre los logros alcanzados. En este sentido durante el Primer Congreso Nacional del Clima realizado en el año 2010 y en el cual participaron expertos nacionales e internacionales, líderes gubernamentales, comunidades, sectores productivos y academia se presentaron en diferentes sesiones temáticas los avances del proyecto INAP y se establecieron diferentes mesas de trabajo en las que se discutieron avances específicos de cada componente.

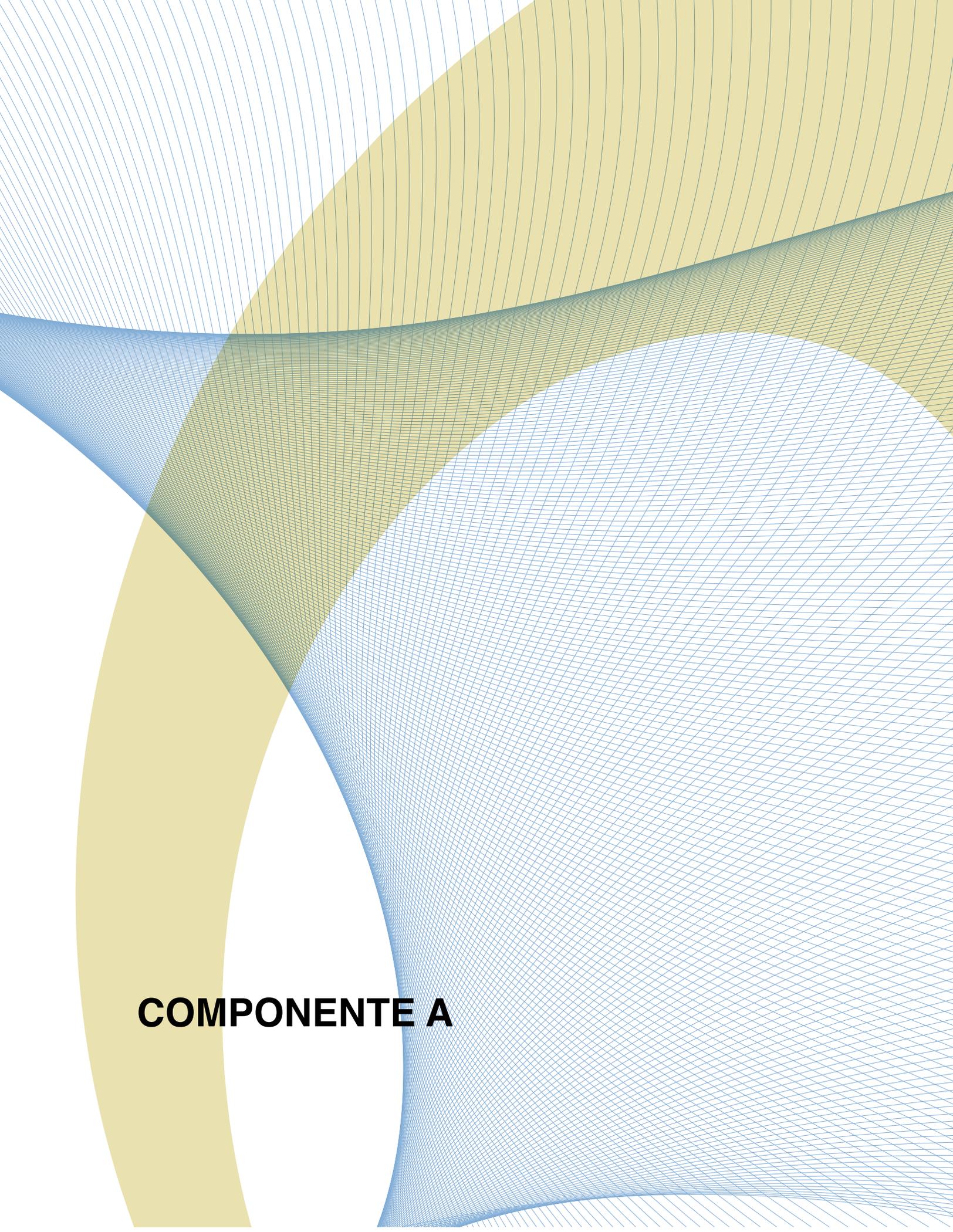
En este Congreso, se efectuaron las siguientes actividades en las cuales el INAP tuvo presencia: El panel de discusión sobre el “Rol y Experiencia de las Comunidades locales en la Adaptación al Cambio Climático”, en este espacio las comunidades que hacen parte del proyecto piloto nacional de adaptación INAP, mostraron los avances frente a las medidas de adaptación que se vienen implementando tanto en alta montaña como en el archipiélago de San Andrés y Providencia. Respecto a los aportes del IDEAM, se discutieron temáticas elaboradas en el componente A con relación a la generación de escenarios de cambio climático los que vienen siendo utilizados para la toma de decisiones en otros sectores económicos; entre ellos se destacaron las nuevas herramientas para pronósticos, el uso de pronósticos en el sector agropecuario, los

pronósticos del tiempo en la gestión de las autoridades ambientales, los pronósticos del tiempo para la seguridad aérea, impactos económicos y sociales del uso de sensores remotos para clima y tiempo entre otros, los cuales fueron abordados por reconocidos expertos internacionales en el tema. Con relación al tema marino, componente C del INAP, se presentaron y discutieron el “Impacto del fenómeno del Niño en el sector pesquero, la Climatología Marina y Seguridad Nacional, el Cambio Climático” y las “Áreas Marinas y la Adaptación al cambio climático”.

En el tema de salud se realizó una presentación sobre los Impactos y retos de los fenómenos del Niño y la Niña en la incidencia de dengue y malaria en Colombia y las medidas de adaptación para dengue y malaria que se desarrollan en marco del INAP. Finalmente se analizaron los fenómenos de variabilidad climática y la salud humana por parte del International Research Institute, (IRI), institución que ha venido apoyando el proceso de modelación que desarrolla el INS conjuntamente con el IDEAM en el marco del proyecto INAP. Por lo anterior, este escenario contribuyó a discutir los avances del proyecto ante la comunidad académica, científica y el público en general, y dar a conocer las temáticas que abordó el proyecto INAP.

Un segundo espacio lo constituye el Segundo Congreso Nacional del Clima cuya temática principal será la adaptación y que será realizado en septiembre de 2011. Si bien para las fechas programadas el proyecto habrá culminado sus actividades, será el espacio apropiado para presentar los resultados finales.

A continuación se presentan los principales logros en la implementación del proyecto.



**COMPONENTE A**



## Componente A

### Producción de información sobre clima, variabilidad climática y cambio climático como apoyo para la toma de decisiones.

#### – IDEAM –

El propósito central de este componente a cargo del IDEAM, fue la producción y disseminación de información climática como apoyo a los programas y medidas de adaptación al cambio Climático en Colombia. Para este fin, se ejecutaron cuatro actividades orientadas a: mejorar la capacidad técnica y científica, para la producción de información de cambio climático; construir escenarios de cambio climático para apoyar la implementación de medidas de adaptación; complementar y fortalecer la red de datos de cambio climático; y reforzar la capacidad técnica y científica para garantizar la sostenibilidad de las actividades del proyecto.

#### Mejoramiento de la Capacidad Técnica y científica para la producción de información de cambio climático.

El IDEAM mediante la actualización y adquisición de equipos de última tecnología ha avanzado de manera importante en la recopilación, procesamiento y análisis de la información necesaria para realizar investigaciones relacionadas con el Cambio Climático en el país; es así como la corrida de modelos meteorológicos atmosféricos WRF (Weather Research and Forecast Model) y CAM, (Community Atmosphere Model) se hace con mayor suficiencia y agilidad permitiendo representar el comportamiento del clima en el país y proyectarlo hacia el futuro. Para el caso del uso del modelo WRF se generan pronósticos diarios y por medio de la versión clima se apoya el análisis de la predicción climática del país; esta información es consultada permanentemente por varios sectores productivos, gremios y público en general en sus procesos de planificación. (**Figura 1**). Adicionalmente se ha mejorado la producción operativa y calidad de pronósticos ampliando el número de corridas diarias y proyecciones, la generación de datos de lluvia y temperatura máxima y mínima cada 6 horas para una semana en las 41 ciudades principales del país, generación de pronósticos de viento, temperatura y precipitación horaria para los aeropuertos internacionales del país, y de precipitación y viento de 4 niveles de la atmósfera para 3 áreas de volcanes (Galeras, Machín y Nevado del Huila).

En desarrollo del proyecto, el IDEAM realizó la proyección de los posibles cambios del clima futuro para Colombia utilizando modelos meteorológicos globales y regionales de alta resolución, con base en condiciones iniciales de modelos de baja resolución propuestos por centros internacionales como el Meteorological Research Institute del Japón, el Centro Hadley de Reino Unido

y el Community Climate System Model (CCSM) de los Estados Unidos.

Para la realización de los diferentes análisis fue necesario partir de la reconstrucción del clima nacional, para lo cual se siguió la metodología expuesta por Jones et al. (2004). la cual presenta algunas ventajas como son:

- La simulación del clima actual de forma más real: donde el terreno es llano por miles de kilómetros y lejos de las costas, la resolución de la malla gruesa de un GCM (modelo climático global) puede no ser importante. Sin embargo, la mayoría de los suelos tiene montañas, líneas de costa, etc., sobre escalas de 100 kilómetros o menos y los modelos regionales pueden tener en cuenta muchos de los efectos del terreno que los GCMs (modelos climáticos globales) no hacen.
- Se proyecta el cambio climático con mayor detalle: La alta resolución espacial también será aparente, por supuesto, en proyecciones. Cuando el calentamiento es incrementado por gases de efecto invernadero cambian los patrones de viento sobre una región, luego la presencia de montañas y otras características locales que interactúan con este flujo, también cambiarán. Esto afectará la cantidad de lluvia y la posición de las áreas de barlovento y sotavento. Para muchas montañas incluso para cordilleras, tales cambios no son vistos por los GCMs (modelos climáticos globales), pero la fina resolución de los RCMs (modelos climáticos regionales) los resolverán.
- Se representan las islas más pequeñas: Sin embargo, la superficie del suelo tiene una capacidad calorífica más baja que los océanos y se calentarán más rápido. Si la superficie de la isla tiene montañas significativas, estas tendrán una influencia sustancial sobre los patrones de precipitación. En un RCM, muchas de las islas son vistas y los cambios proyectados pueden ser muy diferentes a aquellos sobre los que se presentarían en el océano cercano.
- Se pueden simular ciclones y huracanes: no sabemos si los huracanes serán más o menos frecuentes con la aceleración del calentamiento global, aunque hay indicadores que ellos serán más severos. Resoluciones de unos cientos de kilómetros de los GCMs no permiten representar propiamente huracanes, mientras que RCMs, con su alta resolución puede representar tales características de mesoescala.

En particular, se escogió un dominio lo suficientemente grande, de tal forma que permitiera desarrollar circulaciones internas de mesoescala e incluir forzamientos regionales relevantes, razón por la cual en el caso de PRECIS (que corresponde a un modelo de asimilación global de que permite la utilización de datos históricos del clima del planeta) y WRF la condición inicial del modelo de baja resolución estuvo lo suficientemente retirada del área de Colombia para evitar ruidos innecesarios en la zona de frontera y en especial al sur de la región Andina, donde los efectos

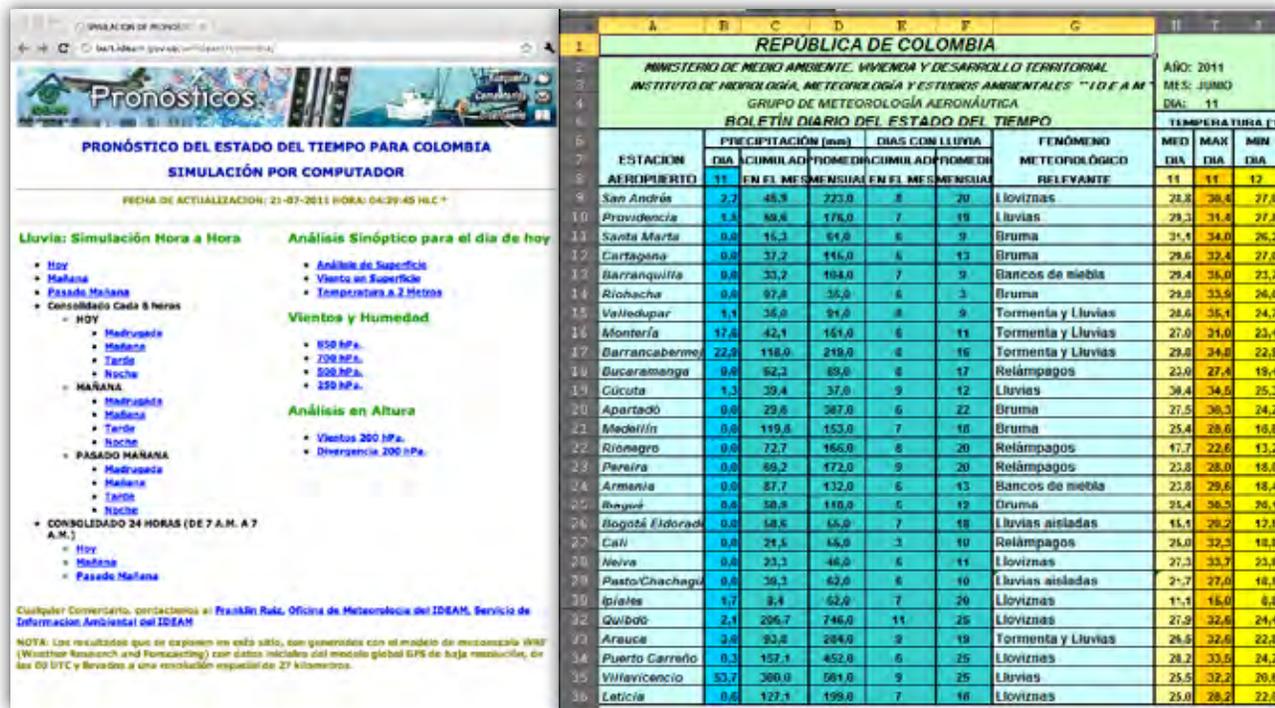


Figura 1. Portal web de consulta y boletín Climatológico Diario con información de tiempo y clima implementados por el IDEAM

topográficos son relevantes en la respuesta de los patrones meteorológicos. (Figura 2).

Se realizaron proyecciones sobre tendencias de lluvia, temperatura y humedad, teniendo en cuenta que las proyecciones estadísticas no se mantienen en el clima del futuro; es decir, la precipitación no va aumentar o disminuir paulatinamente a una tasa de cambio constante (Jones et al., 2004); dado que en la naturaleza atmosférica; los procesos no son lineales, siempre hay una variabilidad dinámica que puede alterar los valores estadísticos de la normal climatológica<sup>3</sup>.

Para obtener la proyección de tendencias, se realizó una complementación de las series de tiempo mes a mes en el período 1971-2000 para alrededor de 3241 estaciones de lluvia, 685 de temperatura y 616 estaciones que tienen reportes de humedad relativa, utilizando la metodología anteriormente mencionada sugerida que recomienda que, para generar clima presente en puntos locales, se pueden establecer relaciones estadísticas entre un reanálisis<sup>4</sup> o un modelo regional con las observaciones para un período dado. El método de ajustes por mínimos cuadrados fue utilizando y su complementación de datos fue considerada sí y solo sí los coeficientes de correlación eran mayores o iguales a 0.8 entre las observaciones y el modelo.

3 La normal climatológica o línea base climatológica es la información (promedios multianuales, amplitud, valores máximo y mínimos, varianza) de las variables climatológicas para el período que se toma como referencia. Este es el período que representaría el clima presente. Sobre este se cuantifican los cambios al compararlo con las variables en otro período

4 Es una técnica para producir múltiples variables del clima a partir de la observación previa de los datos climáticos de temperatura, velocidad del viento y la presión.

La validación de los resultados en la simulación de clima presente, se realizó a los modelos ERA40<sup>5</sup> de 25kmX25Km corrido con el modelo PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) para el período de referencia 1971-2000 y el GSM (Global Forecast System) del MRI de 20kmX20Km para el período de referencia 1979-1998 con datos, registrados de lluvia, temperatura y humedad relativa del IDEAM. Las ecuaciones de ajuste encontradas en la validación permitieron entre otros aspectos la complementación de algunas series históricas de IDEAM, la determinación del cálculo de tendencias y la aplicación de las mismas a los datos simulados por los modelos regionales de los distintos escenarios de cambio climático, lo que permitió tener resultados representativos de las variables meteorológicas a lo largo del territorio nacional; primero en los períodos de referencia mencionados y luego en los resultados de cambio climático.

Adicionalmente, El IDEAM desarrolló un estudio analítico de las tendencias climáticas para las 24 regiones hidroclimáticas<sup>6</sup> Este estudio establece para el caso de precipitación acumulada anual tres zonas; la primera en la que se prevén incrementos de la precipitación y corresponde a la Orinoquía, norte y oriente de la Amazonia, sectores del valle del medio Magdalena, medio Cauca (incluida la mayor parte del departamento de Antioquia), Pacífico norte y centro, el piedemonte del Meta, centro de Huila y estribaciones de la Sierra

5 Es un re-análisis de la atmósfera mundial y condiciones de la superficie para el período Septiembre 1957 - Agosto de 2002, desarrollado por del Centro Europeo de Predicción a Mediano Plazo (ECMWF).

6 <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.js?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&lId=1074>



Figura 2. Dominios espaciales y paso de tiempo de integración de los modelos regionales de alta resolución usados por IDEAM.

Nevada de Santa Marta; la segunda con disminución de precipitaciones en el sur de la región Caribe, la Alta Guajira, gran parte de Norte de Santander y límites con Santander, Boyacá, vertiente oriental de la cordillera Oriental (en Arauca y Casanare) y una tercera zona al occidente de Nariño, amplias áreas del alto Cauca, sectores del alto Magdalena en Cundinamarca y la mayor parte de Caquetá y Putumayo, incluido el Piedemonte Amazónico donde habrá mayor disminución. **(Figura 3)**

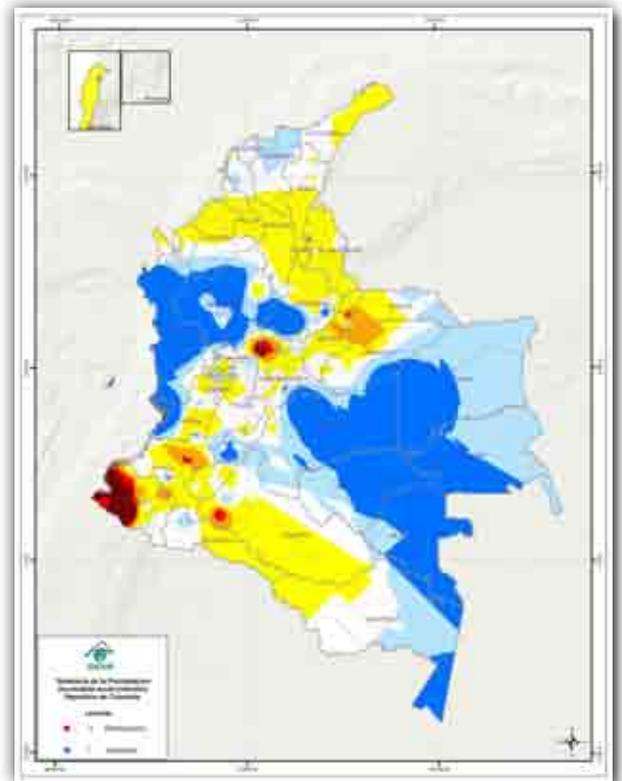


Figura 3. Tendencia de la precipitación total anual

Para el caso del comportamiento de las precipitaciones de intensidad alta (tormentas o aguaceros) es similar al de la precipitación total anual, es decir la mayoría de las estaciones tienen una tendencia al aumento de este tipo de eventos extremos, especialmente en amplios sectores de la región Andina, Orinoquia y norte de la

región Caribe. Disminución de las precipitaciones de alta intensidad (aguaceros) ocurre en sectores aislados de la cuenca del río Sogamoso, Sabana de Bogotá, Nariño, el Piedemonte Amazónico y el departamento de Córdoba. En algunos puntos aislados (zonas de montaña alta, con altitudes mayores a los 2600 m.s.n.m) hay indicios de disminución de estos eventos extremos (municipios de Soacha, Guasca, Chocontá) en Cundinamarca; Socotá, Chita, La Uvita y Guicán en Boyacá) y en el Altiplano Nariñense (en los municipios de Pasto e Ipiales) en Nariño. (**Figura 4**).

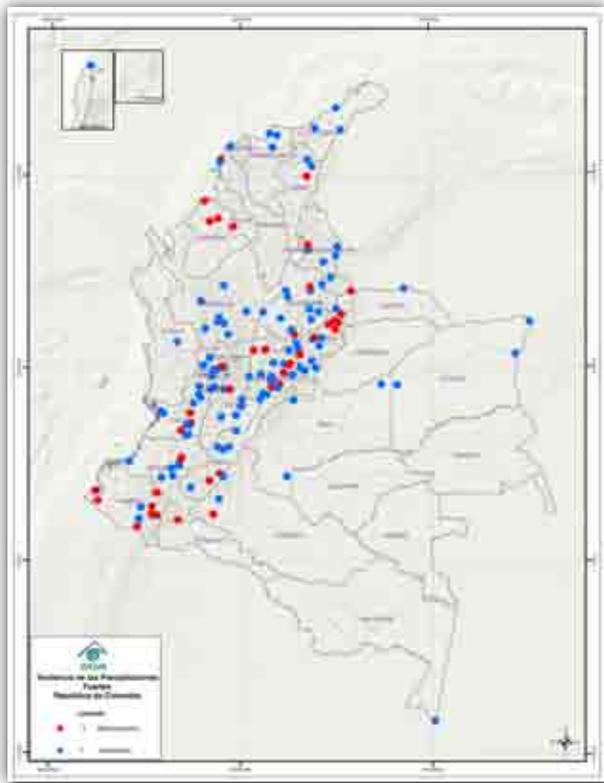


Figura 4 Tendencia de las precipitaciones fuertes o intensas.

En cuanto al parámetro de temperatura, se presentan dos comportamientos; el primero de ellos muestra que en extensas regiones del país existe una tendencia al aumento de la temperatura mínima. Caso especial se observa en la Sabana de Bogotá (municipios de Mosquera, Tenjo y el Distrito Capital), donde se determina una tendencia al aumento de la temperatura mínima diaria, es decir disminuye la frecuencia de heladas. Así mismo, se observa un aumento en la temperatura mínima en el norte de la región Caribe, a lo largo de la región Pacífica y amplios sectores de los departamentos de Antioquia y Santander.

El segundo comportamiento indica que en los municipios ubicados por encima de los 2700 msnm., Guicán, Chita (Boyacá), Chocontá y Guasca (Cundinamarca), y Pasto e Ipiales en Nariño, en donde se localizan ecosistemas de alta montaña y Páramos, se observa una disminución de la temperatura mínima. (**Figura 5**).

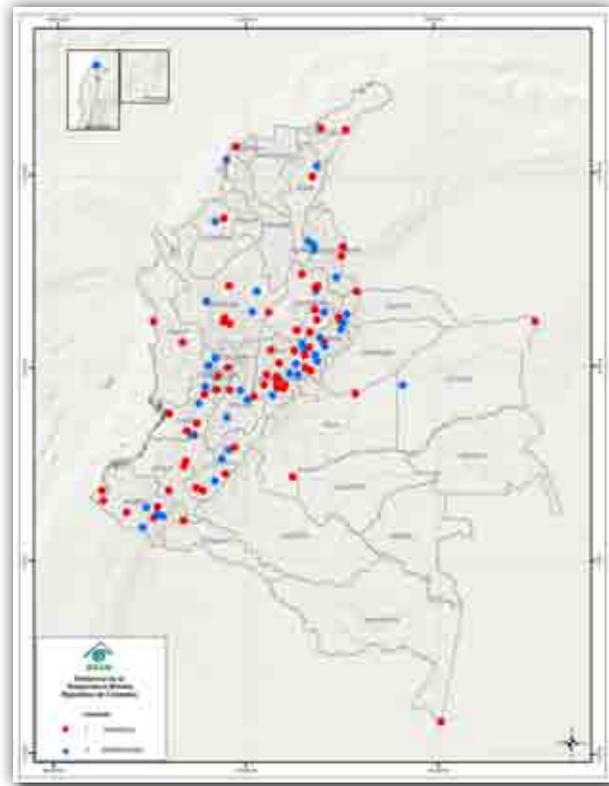


Figura 5. Tendencia de la temperatura mínima

### Desarrollo de Escenarios de Cambio Climático.

El IDEAM generó proyecciones de Cambio climático para los escenarios A1B, A2, B2, A1B con sulfatos<sup>7</sup> A2 con sulfatos y B2 con sulfatos para el período 2011-2100 y por primera vez, se lograron resultados en 4kmX4km de resolución para la región Andina, bajo el escenario A2 con el modelo WRF utilizando como datos de entrada, los resultados del modelo global CAM (Community Atmospheric Model). Se resalta como uno de los resultados relevantes que para Colombia se detectó un aumento de la temperatura media del orden de 0.13°C/década para 1971-2000 y, el ensamble de los escenarios de cambio climático proyectan que la temperatura promedio del aire en el país aumentará con respecto al período de referencia (1971-2000) 1.4°C para el 2011-2040, 2.4°C para 2041-2070 y 3.2°C para el 2071-2100; lo que causaría disminuciones en los volúmenes de precipitación en amplias zonas de la regiones Caribe y Andina, e incrementos hacia la Región Pacífica; así como, reducciones en la humedad relativa especialmente en la Guajira, Cesar, Tolima y Huila.

Se realizaron las corridas de PRECIS para el período 2070-2100 bajo los escenarios A2 y B2 y también el análisis y la producción de información para las 24 regiones del país con generación de los posibles cambios en temperatura y precipitación. Los resultados muestran que bajo el escenario A2 (pesimista) El

<sup>7</sup> Un escenario con sulfatos considera la presencia de aerosoles (SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>) lo que implica un calentamiento menor de la superficie terrestre.

calentamiento podría estar entre 2 y 4°C; con relación a las temperaturas del período 1961-1990 en la mayor parte del territorio nacional, pero hay regiones en las que podría sobrepasar los 4°C. (**Figura 6**). Este análisis incluyó análisis especial para San Andrés y Providencia y para el páramo de las Hermosas (**Anexo 1**)

Se realizó un análisis de los resultados obtenidos para las variables (anuales y multianuales) de precipitación, temperatura y humedad relativa, que incluyó, entre otros, tendencia y eventos extremos en diferentes regiones de Colombia para los períodos 2011-2040 y 2070-2100 en los escenarios A2 y B2. (**Anexo 2**) (**Figura 7** y **Figura 8**).

Se puede afirmar que en términos generales, para el período 2011-2040 la temperatura del aire aumentaría alrededor de los 2°C por encima de lo observado en el período de referencia 1961-1990, con aumentos de hasta 3°C en diferentes regiones al terminar el periodo. Llama la atención que el calentamiento tiende a ser mayor en los valles del Magdalena y del Cauca, en la Orinoquía, un amplio sector de la Amazonía colombiana y el sector central del litoral Caribe, así como en el sur de la costa Pacífica.

En cuanto a la humedad relativa, los cambios están acordes con el calentamiento que se plantea en términos de temperatura y se presenta una disminución generalizada de esta variable. En efecto, para todo el período 2011-2040 habría marcadas reducciones en el sur de la costa Pacífica, en el litoral central del Caribe y en la Orinoquía. Las mayores disminuciones ocurrirían

en las regiones en donde el calentamiento es mayor, lo cual se explica por la particularidad de la relación de la humedad relativa con la temperatura del aire. Llama atención la marcada reducción de la humedad relativa en el sector sur de la región Pacífica colombiana. Ligeros incrementos (mayores de 2%) se registrarían en los piedemonte orientales y en sectores de la Cordillera Oriental, sobre las líneas costeras del Pacífico y del Caribe (excepto el litoral central), como también al Este de la Sierra Nevada de Santa Marta. Lo anterior se ilustra en la **figura 9** y **figura 10**.

Los cambios en la humedad relativa están asociados de manera inversa con los de temperatura del aire. Así, en las regiones en donde ocurrirían los máximos incrementos de la temperatura, se darían las mayores disminuciones en la humedad relativa. En efecto, en el período 2071-2100, bajo los escenarios A2 y B2 las máximas reducciones (más del 10%; expresadas en rojo) de la humedad relativa ocurren en los valles interandinos y en la región Caribe. Los cambios no son tan marcados en la región Pacífica, ni en la Orinoquía y en la Amazonía. En estas dos últimas regiones, solo en el escenario A2 algunos sectores tendrían una disminución entre 5 y 10% de la humedad relativa.

En cuanto a la precipitación e indistintamente del escenario (A2 o B2), este parámetro anual durante el período 2011-2040 tendría un incremento mayor del 10% comparada con la que se observaba en el período 1961-1990 en todo un vasto territorio que cubre las regiones de la Orinoquia y de la Amazonia, el piedemonte

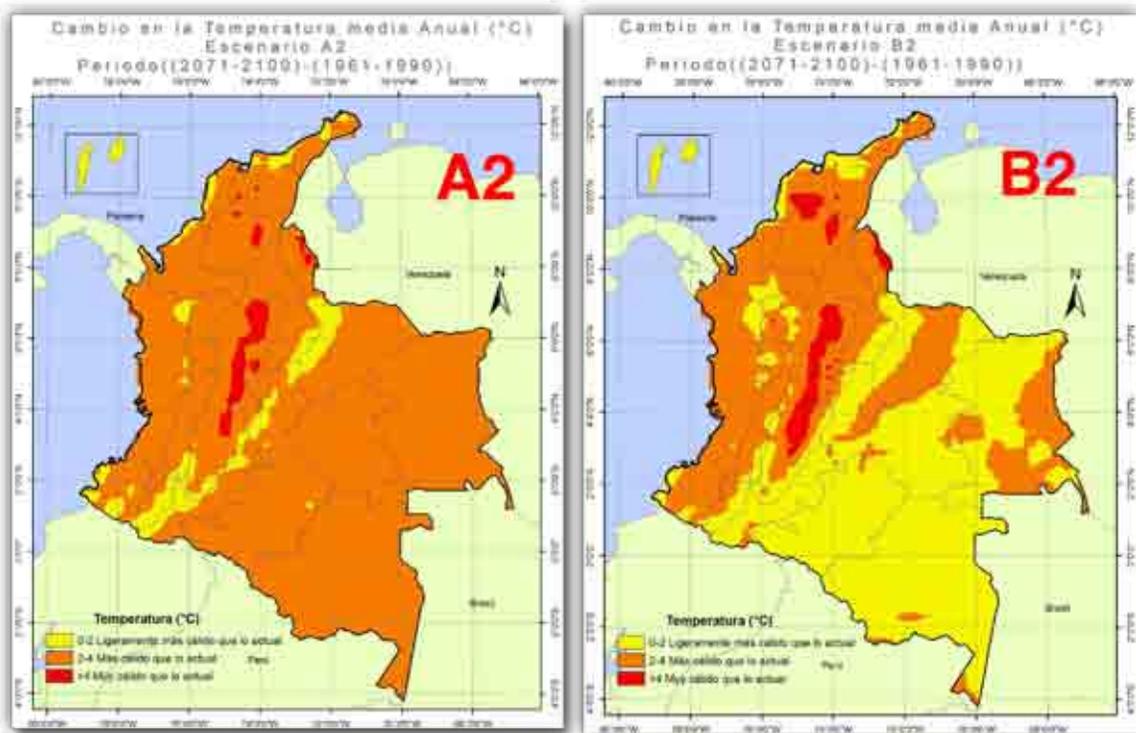


Figura 6. Escenarios de temperatura A2 y B2 con ERA40 en el período 1961-1990.



Escenarios A2 / 2011-2020



Escenarios A2 / 2011-2020



Escenarios A2 / 2011-2020



Escenarios A2 / 2011-2040

Figura 7. Escenarios A2 (sin sulfatos) de cambio climático para la temperatura del aire (2011-2040).



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2040

Figura 8 .Escenarios B2 (sin sulfatos) de cambio climático para la temperatura del aire (2011-2040)

amazónico y llanero, el Alto y Medio Magdalena, todo el Altiplano Cundiboyacense, norte del Chocó y norte del departamento del Cesar. Núcleos con incrementos mayores a 50% se destacan en el piedemonte llanero, Sabana de Bogotá, parte alta del río Arauca, norte del Chocó y un sector al Este de la Sierra Nevada de Santa Marta. Reducción de la precipitación anual en el período mencionado se observaría en la cuenca del río Cauca, en el Pacífico Sur y un sector centro-sur del Chocó, así como una amplia zona en la región Caribe. Las reducciones mayores de 50% se localizarían en una franja costera que bordea la costa de Nariño, Cauca, Valle del Cauca y sur de Chocó, todo el Litoral Caribe y la Península de La Guajira. La **figura 11** y **figura 12** ilustra esta situación.

De otra parte se actualizó la página electrónica del IDEAM, la cual cuenta con un enlace específico para el tema de cambio climático (**Figura 13**). En ella se han publicado los resultados anteriormente mencionados y otros documentos entre los que se destacan; "Evidencias de cambio climático en Colombia" (2007), que presenta el análisis de 1800 series históricas de precipitación acumulada diaria y de los extremos diarios de temperatura mínima y máxima del día en el país desde mediados de la década de 1970 hasta el año 2008, "Resumen ejecutivo sobre escenarios de cambio climático" (2010), "Escenarios de cambio climático en Colombia" (2010) y una "Nota técnica cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (panorama 2011-2100) (2010).

### Complementar y reforzar la red de estaciones de referencia para el seguimiento del cambio climático.

Se destaca la actualización e instalación de nuevas estaciones de monitoreo para el cambio climático; es así como el IDEAM cuenta con una red de referencia que incluye 157 estaciones, 11 de las cuales fueron instaladas como apoyo para la toma de datos para análisis futuros y otras fueron objeto de modernización en cuanto a equipos e infraestructura; en este sentido se reporta la adquisición de 102 higrómetros, 28 pluviómetros, 12 heliógrafos, 12 anemómetros y 12 psicrómetros los cuales son un aporte importante para mejorar la calidad de los datos de las variables meteorológicas como precipitación, temperatura, brillo solar y velocidad y dirección del viento. Todas las estaciones se encuentran bajo el programa de mantenimiento que realiza el IDEAM para la operación de la red meteorológica nacional. Es de resaltar que si bien este número de estaciones cumple con los requerimientos básicos de información climatológica para seguimiento de Cambio Climático en el país, el IDEAM ha dado inicio a un trabajo de reingeniería de sus redes con el objeto de optimizar los recursos así como articular el proceso de toma de información con otras instituciones públicas y privadas que cuentan con redes propias. La **figura 14** ilustra la

ubicación de la red de referencia para el cambio climático y el instrumental actualizado e instalado en la misma.

### Fortalecimiento de la capacidad técnica y científica, con el fin de garantizar la sostenibilidad de las actividades del proyecto.

Si bien en desarrollo del proyecto y a través de técnicos especializados se avanzó en la evaluación, verificación y almacenamiento, a nivel horario, de aproximadamente 1.000.000 un millón de gráficas, que corresponde apenas al 6,6% de las que se tienen en la base de datos de precipitación del IDEAM; en términos de capacidad técnica, se avanzó en el diseño e implementación de una herramienta informática para la evaluación digital y ajuste de gráficas de pluviógrafo con la cual se fortaleció la capacidad en la recuperación de información climatológica de relevancia para el análisis de los efectos del cambio climático en el país; la información generada es almacenada en la base de datos misional del IDEAM.

En este mismo sentido el personal del IDEAM participó en eventos de carácter nacional e internacional en los cuales se logró el intercambio de información y experiencias frente a iniciativas de cambio climático y su relación con otras áreas, se adelantó la capacitación de 73 funcionarios quienes están a cargo de la red meteorológica nacional a fin de optimizar el proceso de calibración y ajuste del instrumental meteorológico, igualmente funcionarios del instituto se capacitaron en temas de modelación y análisis climáticos, en este aspecto se destaca la misión de 2 funcionarios al MRI (Meteorological Research Institute) de Japón quienes adquirieron experiencia en el uso y aplicación de métodos de escalamiento, ajuste y forzamiento para la elaboración de escenarios de Cambio Climático, igualmente otro profesional participó en el taller de entrenamiento en el modelo climático WRF en NCAR, Boulder-Colorado y realizó una corrida piloto con el modelo CCSM usando el servidor "Fire Flight" de la Universidad de Nebraska para obtención de escenarios de Cambio climático en alta resolución con condiciones iniciales del modelo CAM. Estas experiencias permitieron generar al interior del IDEAM nuevas propuestas para el manejo y procesamiento de la información, las cuales se encuentran en implementación.

Con el apoyo del IRI se realizó la evaluación de cinco distintos métodos para estimaciones de la precipitación en escala de tiempo diario y resolución espacial 0.25 grados basados en imágenes de satélite, para lo cual se usó una red de cerca de 300 estaciones sobre la región montañosa de Colombia. Dado que esta región de Suramérica tiene una topografía muy compleja y una alta variabilidad espacial asociada de la precipitación, la validación de las estimaciones basadas en los satélites de la precipitación sobre esta área es de gran interés. Los resultados de la validación son razonablemente buenos y muy alentadores en vista de la complejidad del terreno y de la alta variabilidad espacial asociada de la



Escenarios A2 / 2011-2020



Escenarios A2 / 2011-2020



Escenarios A2 / 2011-2020



Escenarios A2 / 2011-2040

Figura 9. Escenarios A2 (sin sulfatos) de cambio climático para la humedad relativa (2011-2040).



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2040

Figura 10. Escenarios B2 (sin sulfatos) de cambio climático para la humedad relativa (2011-204

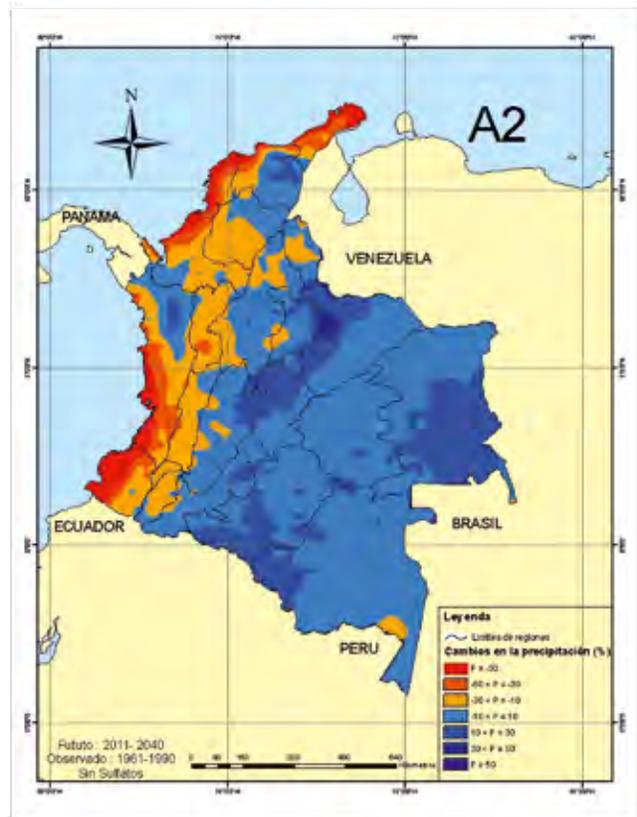
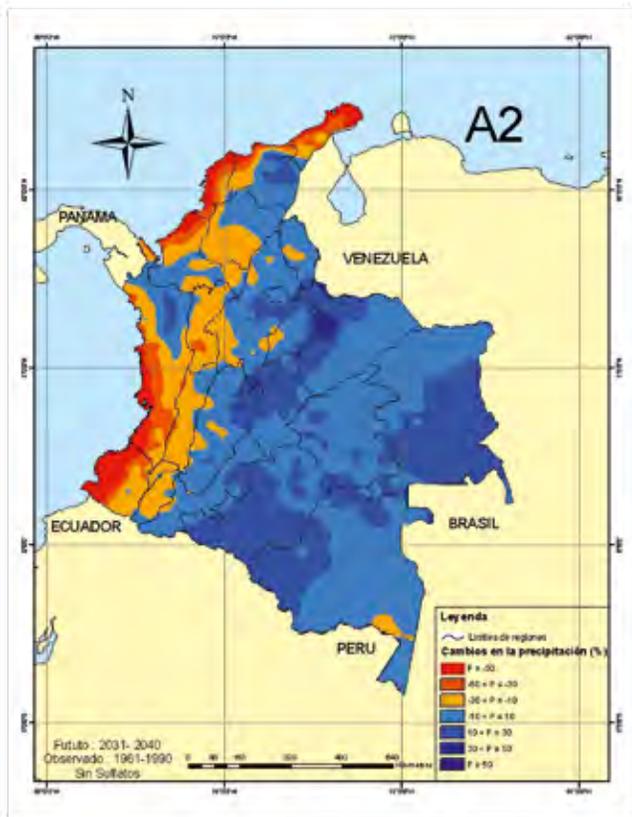
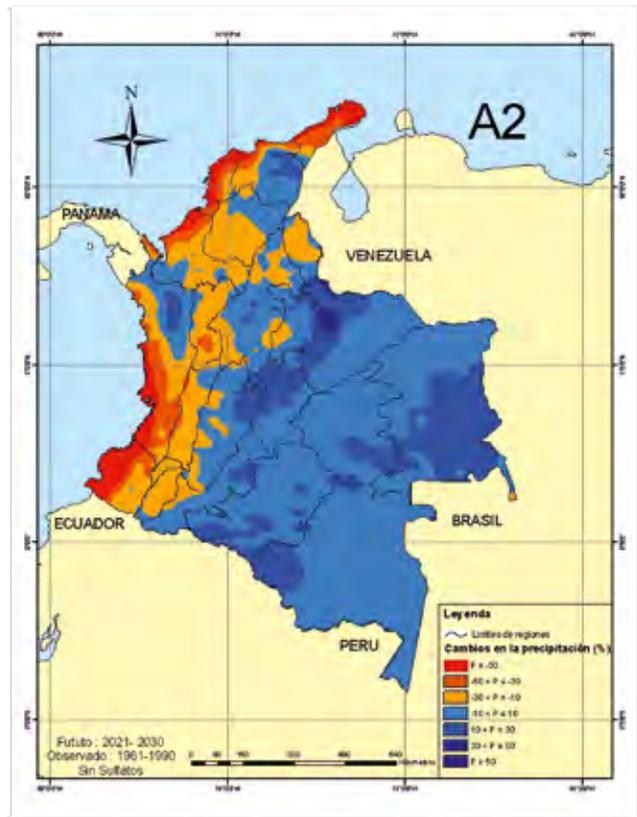
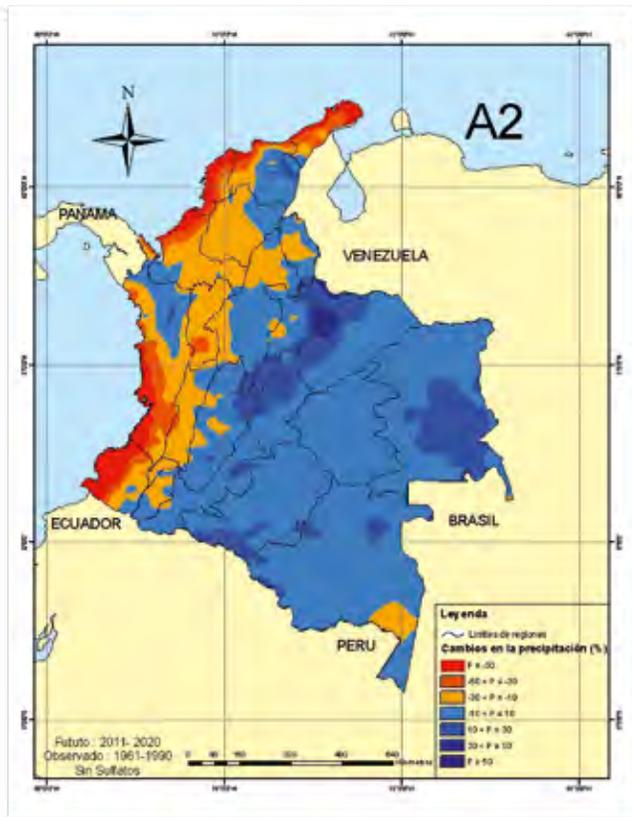
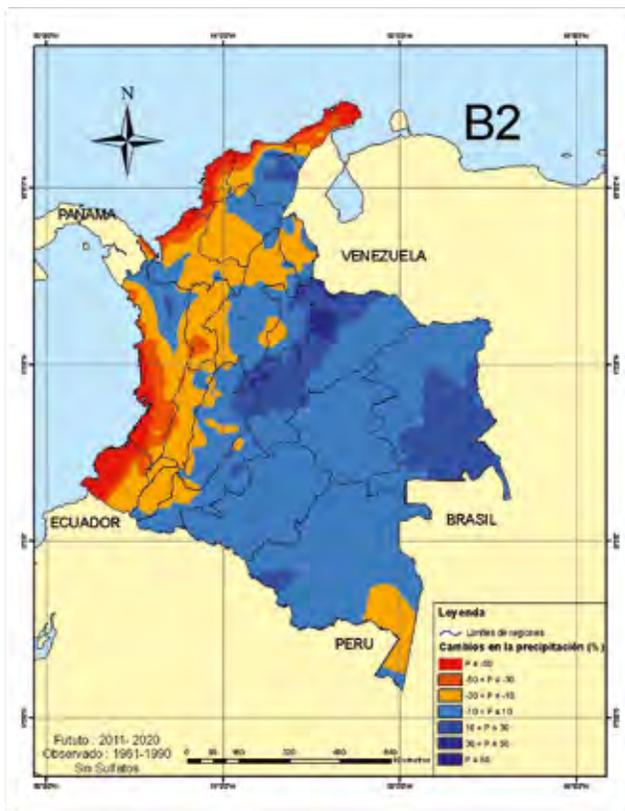
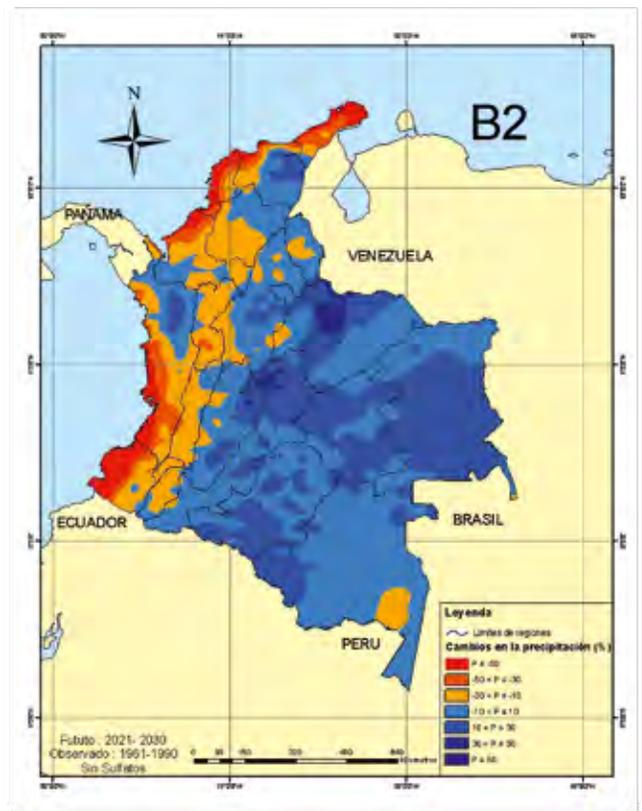


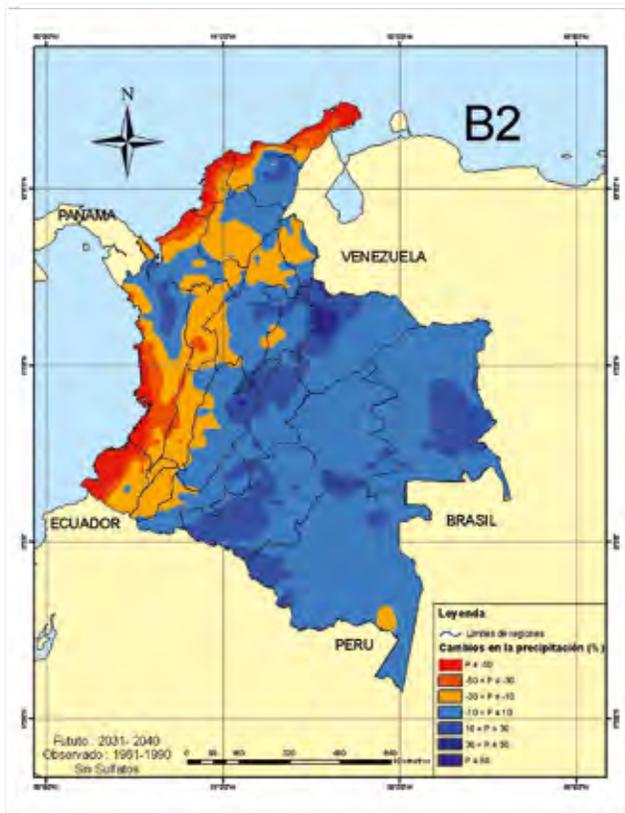
Figura 11. Escenarios A2 (sin sulfatos) de cambio climático para la precipitación (2011-2040).



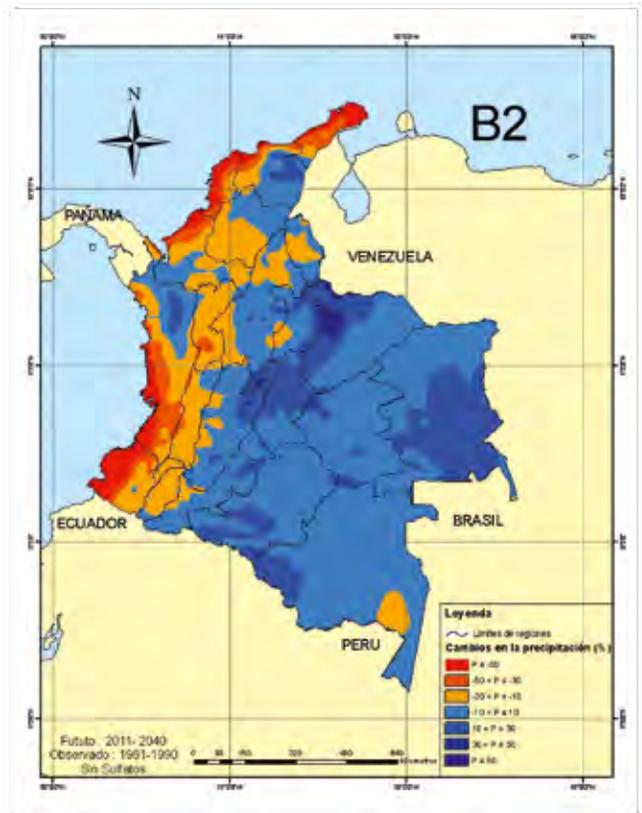
Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2020



Escenarios B2 / 2011-2040

Figura 12. Escenarios B2 (sin sulfatos) de cambio climático para la precipitación(2011-2040).

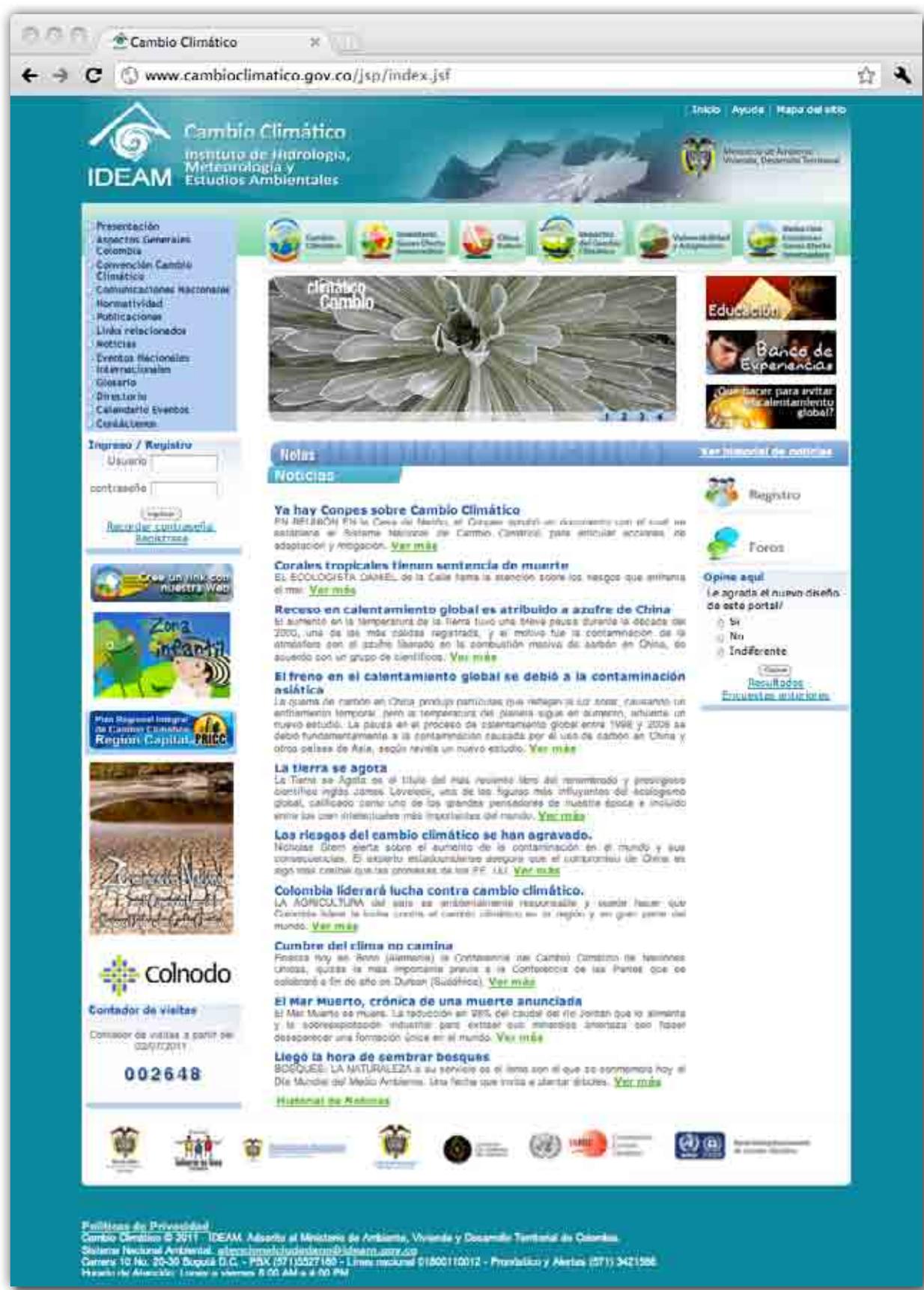


Figura 13. Pagina Cambio Climático IDEAM

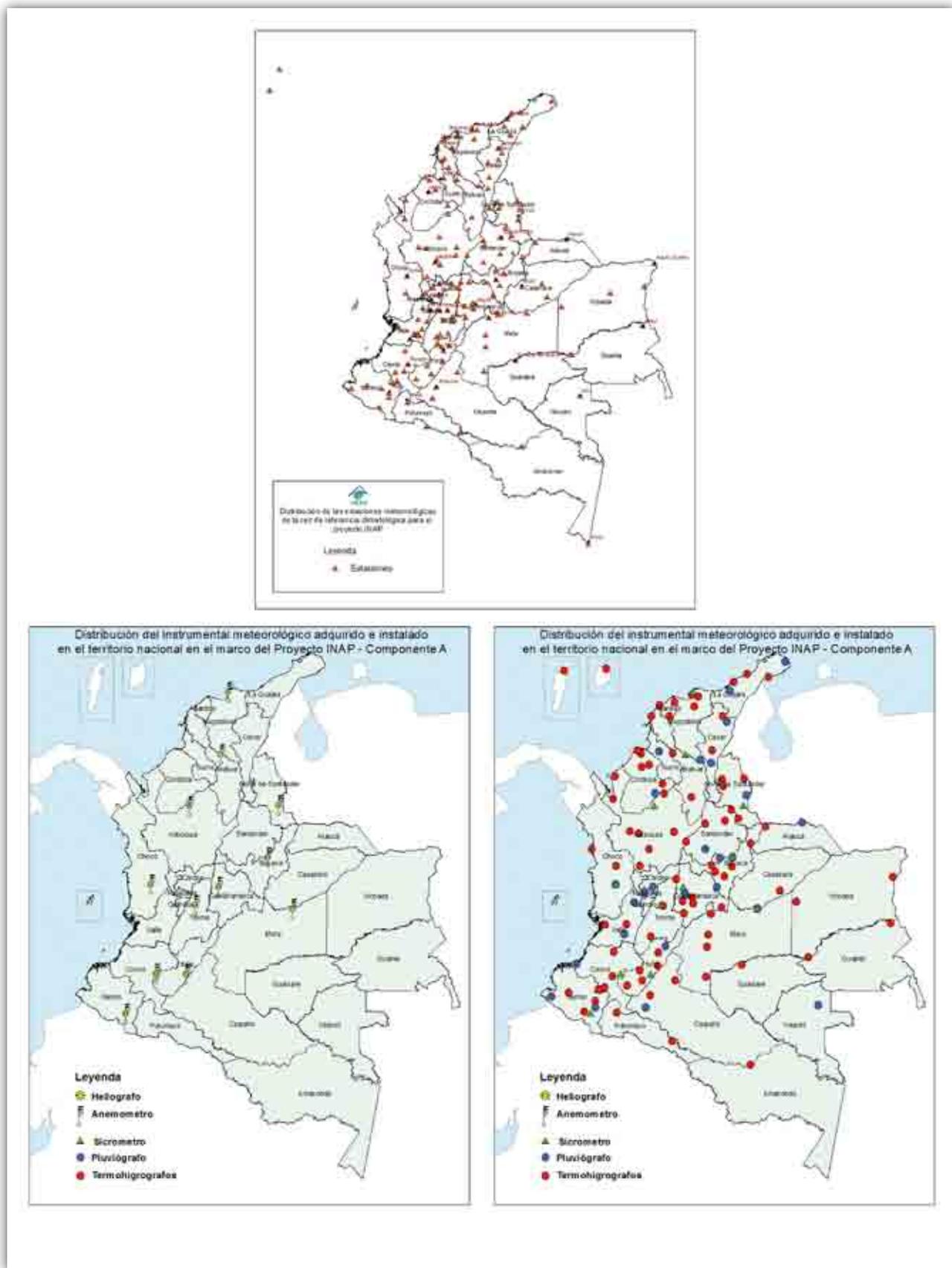


Figura 14. Red de referencia del cambio climático y ubicación del instrumental adquirido por el INAP

precipitación. En nota técnica realizada por Tufa Dinku, Pietro Ceccato and Steve J. Connor .del International Research Institute for Climate and Society, The Earth Institute at Columbia University, Palisades, NY, y Franklyn Ruiz del IDEAM, Colombia se presentan los resultados de los análisis. (**Anexo 3**) los cuales fueron expuestos por el Investigador principal Dr. Tuffa en el 4th Workshop of the International Precipitation realizado en Beijing en Octubre 2008.

Como una experiencia novedosa para el país, un profesional del IDEAM recibió capacitación en la sede principal del IRI en New York, para avanzar en la construcción de modelos dinámico-estadísticos que puedan relacionar variables climáticas con casos de malaria; adicionalmente se logró el apoyo de esta institución (IRI) para orientar el soporte climático en la modelación y predicción de malaria y dengue; esta actividad estuvo encabezada por el Instituto Nacional de Salud con el apoyo del IDEAM. Adicionalmente y Bajo la dirección de un experto del IRI se capacitaron 16 funcionarios en Data Library con conexión a manejo estadístico como apoyo a predicción y escenarios climáticos y análisis de medidas de adaptación al cambio climático.

Por último, a través del proyecto INAP se logró la capacitación de 10 profesionales a nivel de maestría en ciencias meteorológicas en la Universidad Nacional de Colombia, a fin de atender la calidad del monitoreo,

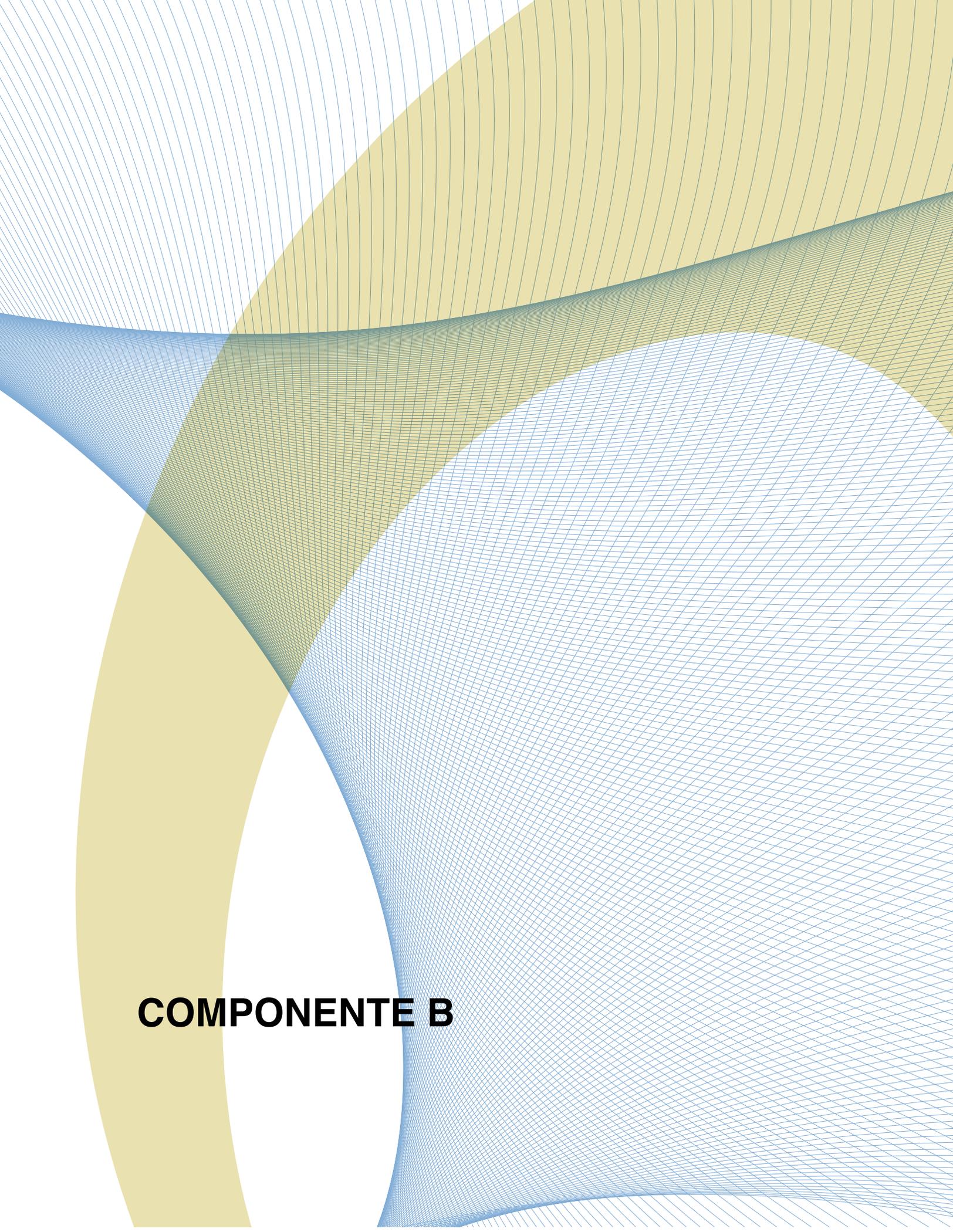
el procesamiento de la información y el análisis e interpretación del cambio climático en el país; nueve de estos profesionales fueron vinculados al IDEAM y en la actualidad se encuentran apoyando diferentes procesos e investigaciones que realiza el instituto. Es de mencionar que la temática de las tesis de grado de todos los profesionales fueron de alto interés para el IDEAM y contaron en su desarrollo con la asesoría del personal del instituto. La **Figura 15** muestra los títulos de los trabajos de grado de los profesionales.

En términos generales, la implementación del proyecto INAP permitió al país fortalecer su capacidad para la recolección, almacenamiento, procesamiento y análisis de la información, la cual está siendo utilizada para apoyar los procesos de toma de decisiones en diferentes sectores; igualmente y basados en la información que suministra el IDEAM frente a las proyecciones de cambio climático, se están generando procesos de planificación que incluyen la necesidad de implementar medidas y acciones de adaptación en diferentes sectores.

ESTUDIANTE	TITULO DE LA TESIS
MERY ESPERANZA FERNANDES PORRAS	Efecto del fenómeno del niño en el agrosistema del cultivo de la papa y sus impactos socioeconómicos en los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá para el periodo 1976-2006
BLANCA OVEDO TORRES	Análisis del efecto del cambio climático en al dispersión del Ozono y de material particulado en Bogotá.
CARLOS PINZÓN CORREA	Influencia del fenómeno ENSO en el rendimiento del maíz en los departamentos de Córdoba y ceras de la región caribe de Colombia
JUAN ANTONIO ARAGON	Comportamiento de la temperatura en la sabana de Bogotá y su relación con el desarrollo urbano ciclo ENOS y el cambio climático.
INÉS CONCEPCIÓN SANCHEZ	El ciclo hidrológico en una cuenca vertiente colombiana; un estudio con una simulación en el clima a escala regional.
JHON FREDDY GRAJALES	Inferencia de concentraciones en superficie de C3 y no2 a partir de columnas troposféricas del instrumento de medición OMI para Colombia
NICOLAS CUADROS RUBIO	Análisis de la variabilidad de temperatura del aire en regiones de Colombia bajo la influencia de la oscilación Madden Julia durante los años 1978-2008
ALEXANDER ROJAS RUBIO	Evaluación del desempeño del modelo de circulación global cam3 sobre el territorio de Colombia y sus zonas de influencia, usando el periodo retrospectivo 1971-2000
LEIDY JOHANNA RODRIGUEZ	Identificación de zonas homogéneas en la interfase mar-aire de mar Caribe Colombiano y relación entre variabilidad de parámetros oceánicos y atmosféricos de algunos puntos representativos de estas zonas y la oscilación Atlántico norte.
ANDREA ONELIA RODRIGUEZ	Desarrollo de un sistema de alertas tempranas para el Chinche de los pastos Collaria Scenica en la Sabana de Bogotá.

Figura 15. Tesis de maestría sustentadas por los estudiantes matriculados en el Posgrado de Meteorología





**COMPONENTE B**



## Componente B

### Diseño e implementación de un programa de adaptación para garantizar el mantenimiento de los servicios ambientales en el macizo de Chingaza.

– IDEAM –

El área de alta montaña en Colombia está localizada a lo largo de las tres cordilleras (Oriental, Central y Occidental) que recorren el territorio nacional de sur occidente a nororiente atravesando todo el país; incluyendo el sistema montañoso aislado de la Sierra Nevada de Santa Marta. Bajo la expresión de “Alta Montaña” se agrupan, las culminaciones altitudinales del sistema cordillerano Andino, como son los Glaciares, Páramos y Bosques Andinos y los cuales coinciden aproximadamente con los pisos morfogénicos de la alta montaña: glaciar, periglaciar, modelado glaciar heredado y montaña alto-andina inestable. Thomas Van der Hammen (1986),

definió el área que enmarca los páramos de Colombia como Alta Montaña y sugiere como límite inferior la curva de nivel de 2.800 m.s.n.m. Sin embargo de acuerdo a la Carta Digital del Mundo a escala 1: 1’000.000 (2002) la cota más aproximada corresponde a 2.740 m.s.n.m. Por esta razón el componente B del INAP tomo esta curva referencia para definir el límite inferior del área de estudio. (MAVDT, IDEAM. Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor. Bogotá, 2002). (**Figura 16**).

Esta amplia zona abarca un conjunto diferenciado de ecosistemas, vertientes, cinturones altitudinales de corta distancia, exposiciones climáticas diversas y extremas que se relacionan permanentemente con procesos de erodabilidad, acción tectónica ocasional y susceptibilidad a daños regionales y locales. Las montañas “Alto Andinas”, son además, el último refugio de muchas plantas y animales que en las tierras bajas han desaparecido o que tienen tal grado de adaptabilidad a la franja altitudinal de cumbre, que guardan un nivel muy alto de especificidad en las especies (endemismo), y cuya variabilidad biológica es claramente más alta a medida que se localiza sobre el eje ecuatorial. Entre los

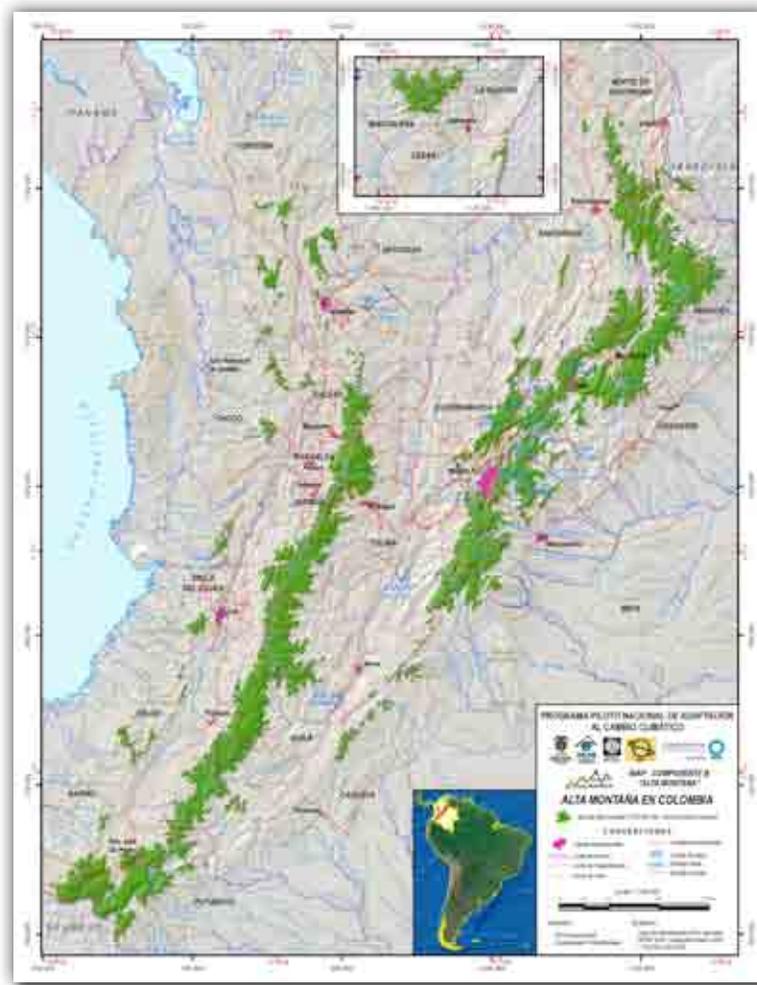


Figura 16. Mapa ecosistemas de alta montaña en Colombia

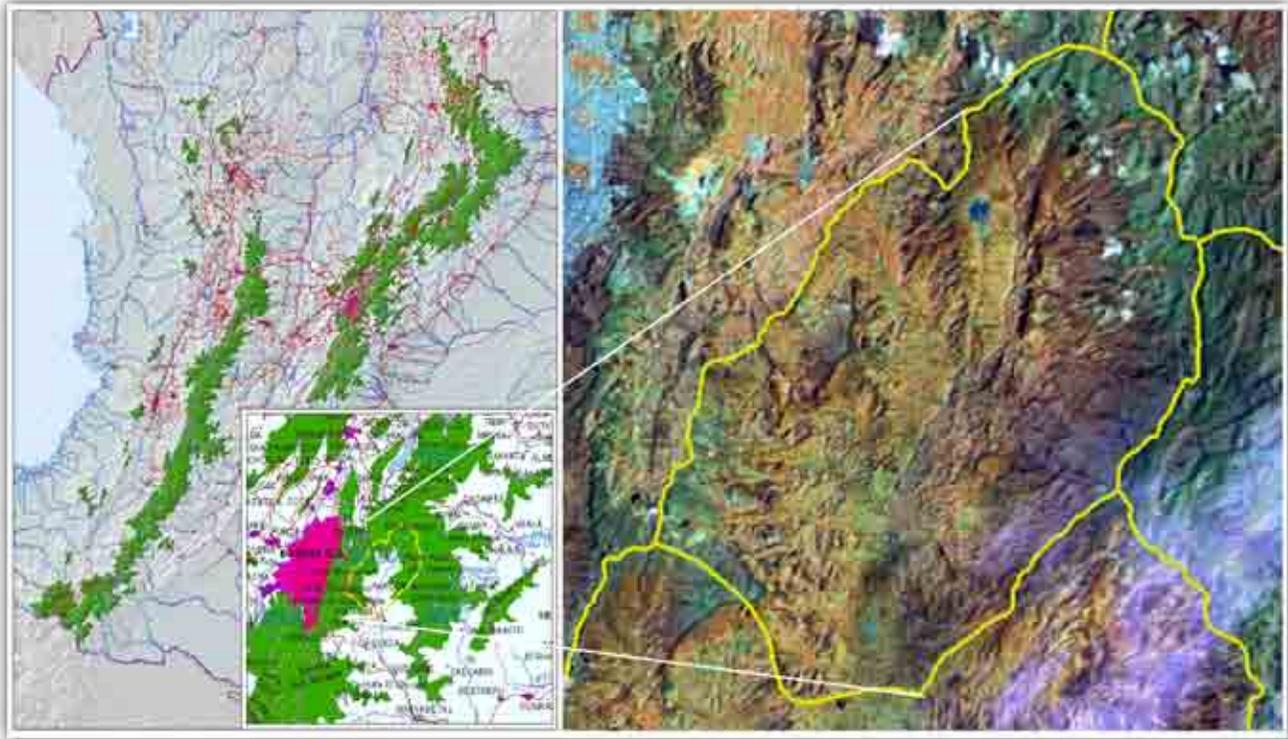


Figura 17 Macizo de Chingaza.

endemismos de los páramos Colombianos se destacan cuatro géneros *Espeletiopsis*, *Espeletia*, *Puya* y *Diplostegium* en diferentes áreas de las tres cordilleras y la Sierra Nevada de Santa Marta (Cuatrecasas 1986).

Entre los elementos de vegetación más representativas de los ecosistemas de alta montaña se encuentran algunas especies de frailejón (*Espeletia hatwegiana*, *Espeletia uribei*, *Espeletia jaramilloi*); que hacen parte de los páramos propiamente dichos, y elementos arbustivos y arbóreos de la zona alta de los bosques alto andinos como *Encenillo* (*Weinmania tomentosa*), *Colorado* (*Polylepis cuadrifuga*) y *Rodamonte* (*Escallonia myrtilloides*).

De la misma manera y en cuanto a especies de fauna que habitan estas áreas se pueden mencionar el cóndor andino (*Vultur gryphus*), oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), danta de páramo (*Tapirus pinchaque*), venado coliblanco (*Odocoileus virginianus*). En cuanto a aves según el libro rojo de aves de Colombia (Rengifo et al., 2002) en algunos de los complejos paramunos del país se reportan otras especies con algún grado de amenaza como la perdiz ojinegra, (*Odontophorus atrifrons*) el perico palmero (*Ognorhynchus icterotis*) y el águila crestada (*Oroaetus isidori*).

Como resultado del análisis de vulnerabilidad, riesgos y amenazas, realizado por el IDEAM en el marco de la 2da Comunicación Nacional (SCN) (2010), se identificó que el Orobionoma Alto Andino; al cual pertenece cerca del 85% de la Alta Montaña; es de las regiones que mayor prioridad frente a eventuales acciones para enfrentar

el cambio climático. Los impactos potenciales que se podrían dar en estos ecosistemas para el periodo 2011 a 2070, podrían afectar a más del 70% de dicho orobioma. Tales impactos, si se analizan en función de los bienes y servicios ambientales, representan graves consecuencias para las poblaciones humanas que los habitan.

A partir de esta información y teniendo en cuenta la importancia de los ecosistemas de alta montaña, la prestación de múltiples bienes y servicios ambientales de soporte, aprovisionamiento, regulación y culturales<sup>8</sup>; y por ende la necesidad de garantizar esta funcionalidad, se ajustaron medidas de adaptación para estas zonas. Como marco conceptual se ha tenido en cuenta Enfoque Ecosistémico (Andrade 2007) y la Adaptación Basada en Ecosistemas IUCN (2010)<sup>9</sup>.

El componente de alta montaña estuvo a cargo del IDEAM y su objetivo principal fue diseñar e implementar un programa de adaptación para garantizar el mantenimiento de los servicios ambientales del Macizo de Chingaza. (Figura 17) La definición de esta área obedeció a su importancia estratégica en el abastecimiento hídrico de varias poblaciones de Cundinamarca incluida la ciudad

<sup>8</sup> Se han identificado entre otros fijación de carbono (70% en suelo y 30% en biomasa), almacenamiento y regulación hídrica, control de procesos erosivos, y otros como producción alimentaria, riqueza cultural y religiosa entre otros.

<sup>9</sup> Andrade Pérez, A., Herrera Fernandez, B. and Cazzolla Gatti, R. (eds.) (2010). Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. Gland, Switzerland: IUCN. Chapter 2: Andrade Pérez, A.; Mercedes Medina, M.; Schutze Páez, K. and Ville Triana. Ecosystem - Based Adaptation : Lessons from the Chingaza Massif in the High Mountain Ecosystem of Colombia.

de Bogotá. La zona específica de trabajo corresponde a la cuenca del río Blanco, en donde tienen jurisdicción directa 4 municipios, Fómeque, Guasca Choachí y La Calera; sin embargo las acciones se centraron en la parte alta de estos dos últimos.

El proyecto implementó cuatro medidas de adaptación; dirigir la información sobre cambio climático en la planificación y manejo del Macizo de Chingaza, reducir los impactos adversos de regulación hídrica de la cuenca del Río Blanco, desarrollar modelos de planificación del uso de la tierra que incorporen los impactos del cambio climático y mejorar los agroecosistemas productivos en la cuenca.

### **Análisis de información y procesos de modelación para determinar el funcionamiento del macizo de chingaza y el PNN los nevados (ciclo del agua y carbono) simular la evolución esperada bajo escenarios de ccg e inferir implicaciones para su manejo.**

En su etapa de formulación, el proyecto identificó como un aspecto prioritario la investigación sobre los ciclos de agua y carbono en la alta montaña colombiana a fin de entender el comportamiento, afectación y posible indicador frente al tema de cambio climático; es así como dentro de las acciones desarrolladas se realizó el análisis de información y la modelación de estos ciclos y de esta manera poder simular la evolución esperada de los ecosistemas de alta montaña y páramo, bajo escenarios de cambio climático global, e inferir implicaciones para su manejo. Para tal fin el IDEAM estableció 8 estaciones automáticas para realizar el seguimiento al ciclo del agua en la cuenca del Río Claro, ubicada en el Parque Nacional Natural los Nevados en la Cordillera Central, y en el Macizo de Chingaza, en la Cordillera Oriental, y 8 para el tema del ciclo de carbono en las mismas áreas. Es de mencionar que para este último tema las investigaciones que se implementaron fueron pioneras en el país y para su desarrollo fue necesario un arduo trabajo de diseño, calibración así como actividades de ensayo y error que finalmente permitió contar con información valiosa para el análisis. En este sentido y a través del apoyo del gobierno japonés se avanzó en la implementación, validación y modelación de los ciclos de agua y carbono.<sup>10</sup>

Para el estudio del ciclo del carbono en ecosistemas de alta montaña, el IDEAM y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (2006) construyeron los protocolos respectivos, posteriormente se diseñó de la red y finalmente se implementó el trabajo en campo; para este tema el IDEAM conformó un equipo de trabajo asumiendo a través de recursos propios de funcionamiento las labores de campo, logística y análisis de laboratorio; adicionalmente generó una alianza con la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques

Nacionales Naturales (UAESPNN), a fin de instalar las redes de monitoreo en áreas del Parque Nacional Chingaza y el Parque Nacional Nevados y garantizar la sostenibilidad del proceso. Los protocolos establecidos fueron una herramienta clave para caracterizar la complejidad de estos ciclos en cuanto a su composición (variables biofísicas y socioeconómicas); e incluyen entre otros aspectos la selección áreas de muestreo, el diseño de preguntas de investigación, definición de flujos, definición de variables, la recolección periódica de datos y su análisis a través de diferentes metodologías.

### **Ciclo del agua**

En cuanto al ciclo del agua y a partir del protocolo desarrollado (IDEAM et al 2006) se definieron 2 áreas específicas; la primera al interior de la cuenca del río Blanco en la quebrada Calostros y la segunda en el Parque Nacional Natural Los Nevados en la cuenca del río Claro; (**Figura 18**). En estas áreas se evaluaron detalladamente las microcuenclas y ecosistemas que las conforman, la información secundaria existente y la ubicación final de los equipos y estaciones de apoyo; resultado de ello se generó una guía práctica para el monitoreo del ciclo del agua en ecosistemas de alta montaña. Igualmente y teniendo en cuenta la complejidad de los ecosistemas a monitorear y la necesidad de incluir variables cuyo desarrollo en estudios similares no es muy amplio, pero que tienen gran incidencia en los análisis, se elaboró un documento sobre el estado del arte, conceptualización y metodología para el monitoreo del ciclo del agua.

Para la definición de los modelos a utilizar, se realizó una revisión exhaustiva de los modelos disponibles y especialmente aquellos que se pudieran adaptar a las características de las áreas de trabajo. En este sentido se definió que los los más ajustados correspondían a el SWAT (Soil and Water Assessment Tool) (USDA, 2002) y TETIS<sup>11</sup> (Francés, Vélez y Vélez J, 2004) El modelo incluyó los almacenamientos en el suelo, el acuífero, la escorrentía superficial, la red de drenaje y el agua interceptada.

Se determinaron los caudales necesarios para la construcción de las curvas de gastos de las corrientes monitoreadas y de esta manera inferir el comportamiento hidrológico de las cuencas en las diversas épocas del año; a su vez fueron herramientas para la obtención de los balances hídricos que determinaron los déficits y excesos del recurso; esta información fue utilizada como apoyo para la toma de decisiones en términos de manejo de la cuenca. Los resultados concluyen entre otras cosas que el comportamiento hidrológico y la regulación hídrica en general están influenciadas directamente por las condiciones de los ecosistemas en los cuales están ubicadas las fuentes hídricas, aspecto que corrobora la necesidad de garantizar acciones integrales de conservación y manejo de los ecosistemas

10 Donación Japonesa Para Piloto Nacional de Adaptación al Cambio Climático: Ecosistemas de Alta Montaña, Áreas Insulares del Caribe y Salud Humana (INAP)

11 Modelo de simulación hidrológica e hidráulica de tipo distribuido físicamente basado y orientado a cuencas de montaña.

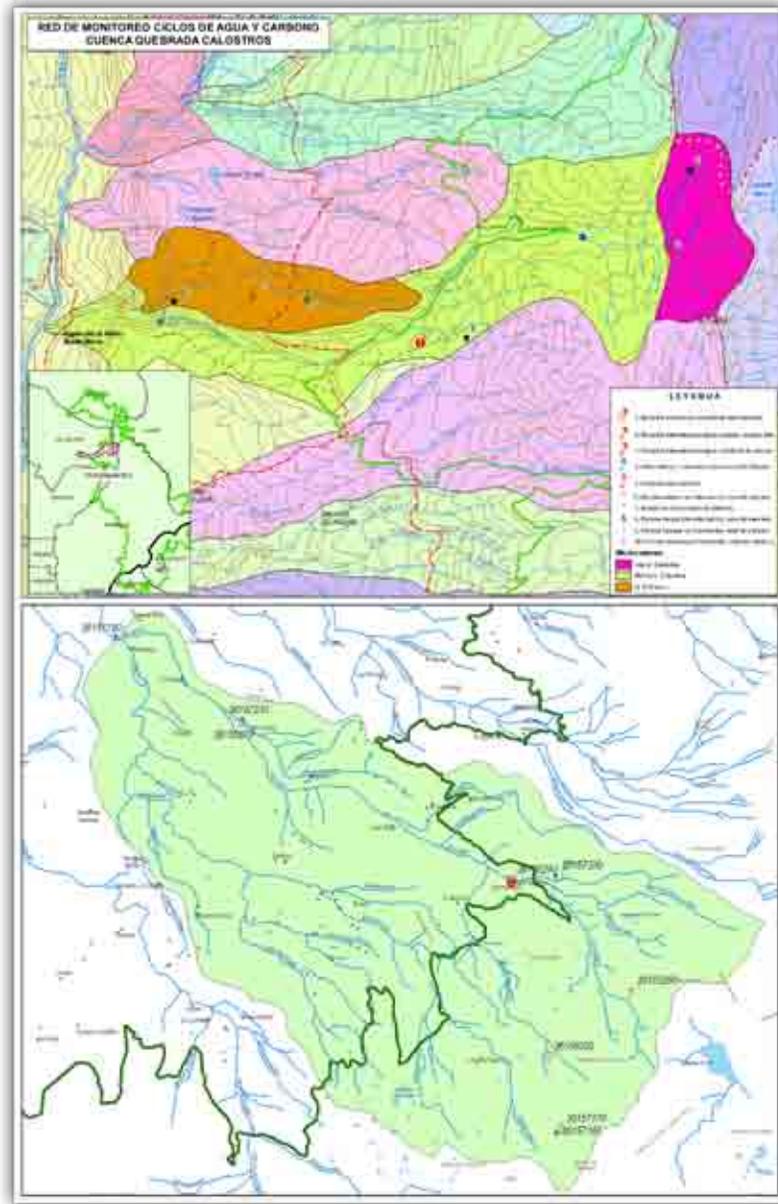


Figura 18 Ubicación de las estaciones de monitoreo para estudio del ciclo del agua

de alta montaña a fin de garantizar la disponibilidad del recurso hídrico.

Teniendo en cuenta que el modelo TETIS, trabaja a partir de compartimentos para determinar la respuesta hidrológica ocasionada por la precipitación, dentro de los resultados obtenidos para un evento determinado en la cuenca Calostros; para los compartimentos H-3, H-4 y H-5 referidos a Roca, Acuífero y Cauce, muestran que de estas zonas depende el constante rendimiento y la regulación hídrica en este ecosistema. (**Figura 19**).

Otros análisis muestran que para el caso de la quebrada Calostros el aporte constante de caudal en la época en que el ecosistema presenta un alto estrés hídrico,

corresponde tanto a aportes de flujo subsuperficial provenientes de los ecosistemas adyacentes, como a caudales de aguas subterráneas de capas acuíferas de carácter local a semiregional que se extienden en el subsuelo y que potencialmente se ponen en contacto hidráulico con la sección del río.

Para el cálculo de la oferta hídrica en la cuenca del Río Claro, se utilizó la información de la fusión glaciaria, medida en la estación Conejeras 2, y los caudales aforados en la estación hidrológica de Río Claro como punto de control o de cierre de la cuenca; en este sentido y a través del análisis detallado de los eventos a escala horaria, en cuanto a la relación de la fusión y la temperatura se observa que los niveles máximos se registran en horas

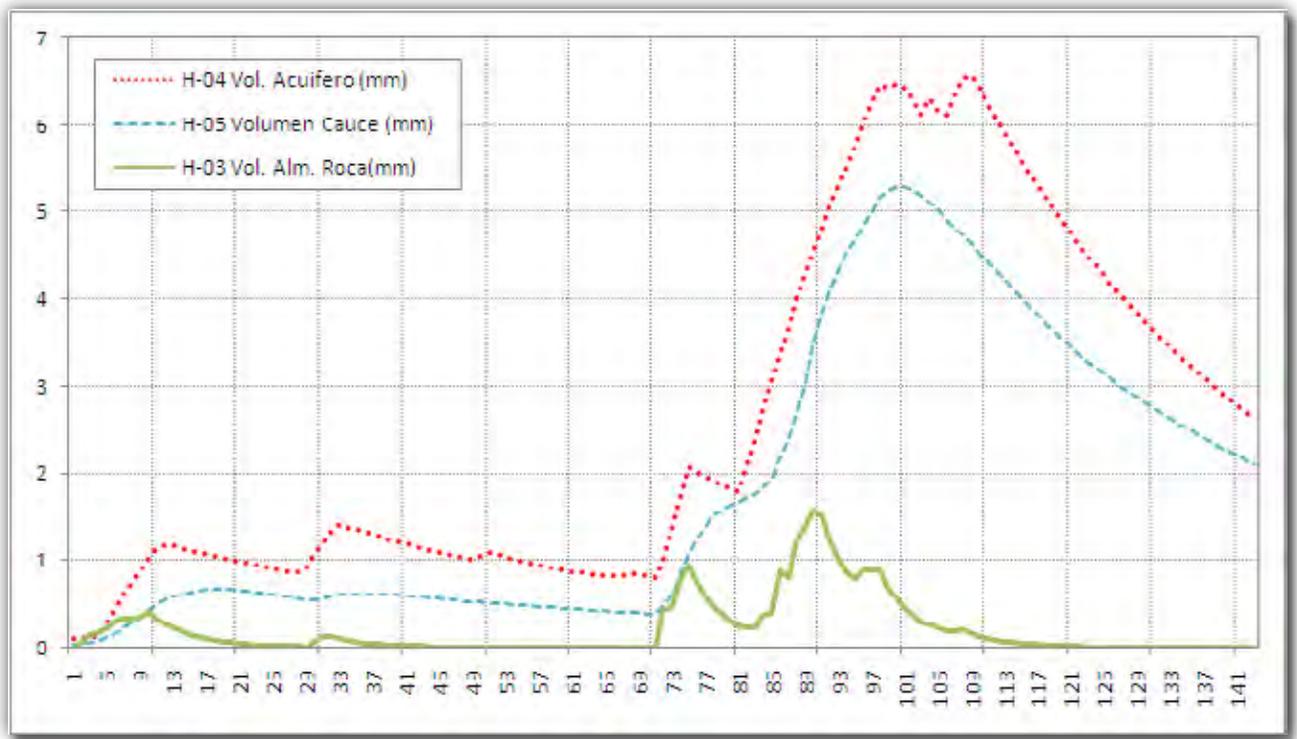


Figura 19. Volúmenes de los compartimentos Roca, Acuífero y Cauce

de la tarde, posterior a la ocurrencia de la temperatura máxima del día, el pico del nivel se ve reflejado en un tiempo entre 1 y 2 horas, con respecto al registro de la temperatura máxima. (Figura 20).

De manera complementaria, el proyecto incluyó dentro de sus actividades el monitoreo de glaciares con el fin de determinar las consecuencias del cambio climático sobre estas áreas y a su vez analizar cómo influyen estas zonas en el ciclo hidrológico de la alta montaña Colombiana. La alta montaña, especialmente el piso glaciar es uno de los más sensibles a fenómenos climáticos como el aumento de la temperatura, el último avance glaciar data del periodo entre los años 1600 al 1850, periodo en el cual los glaciares Colombianos presentaron una recuperación donde el límite inferior del hielo alcanzó los 4600 metros sobre el nivel del mar en la Sierra Nevada de Santa Marta (Flórez, 1992). Desde entonces los glaciares han ido en pleno retroceso y la velocidad de detrimento se ha incrementado frente a la presencia de fenómenos climáticos extremos. Se estima que de las 6 áreas glaciares colombianas<sup>12</sup> se ha perdido entre el 60% y 80% de su cobertura; y de continuar esta tendencia su desaparición es inminente. (Primera Comunicación Nacional, 2001).

Las investigaciones y trabajos detallados de glaciología llevados a cabo por el IDEAM con miras a esclarecer no solo la dinámica glaciar en Colombia sino su importancia hídrica y su relación con el actual cambio climático, se inician en el año 2005 cuando se decide, después de

una capacitación en Bolivia auspiciada por el Grupo de Trabajo en Hielos y Nieves Andinos -GTNH, conformar un grupo de trabajo, y con presupuestos nacionales y de donación internacional (Banco Mundial, Proyecto INAP Componente B) instrumentar un glaciar con estándares internacionales con el fin de construir una serie de datos, conocimiento y experiencia que permitieran en el tiempo conocer el comportamiento glaciar y su relación con el clima. La iniciativa permitió equipar dos cuencas de alta montaña con el propósito de comprender el funcionamiento de estos sistemas entre sí.

El Proyecto INAP apoyó las investigaciones de glaciología aplicada desde el año 2006 con el desarrollo de consultorías para implementar los estudios sobre el ciclo del agua y del carbono en alta montaña en donde se establecieron para el tema de glaciares las metodologías a seguir y los pasos de implementación; a esto se sumó que el IDEAM desde el año 2005 venía abordando este tema mediante aportes en equipo humano, redes de estaciones meteorológicas y consultorías paralelas, de tal manera que se pudo conformar un completo y coordinado equipo humano de trabajo con unas áreas de estudio completamente equipadas.

Dentro de las acciones adelantadas vale la pena mencionar la realización del primer "Balance Mensual de Masa Glaciológica", elemento de análisis excepcional para comprender la dinámica glaciar, como también el conocimiento de la importancia hídrica glaciar en el ciclo del agua en la alta montaña.

Adicionalmente, y también y por primera vez en el país,

12. Sierra Nevada de Santa Marta, Sierra Nevada del Cocuy, Volcán Nevado del Ruiz, Volcán Nevado de Santa Isabel, Volcán Nevado del Tolima y Volcán Nevado del Huila.

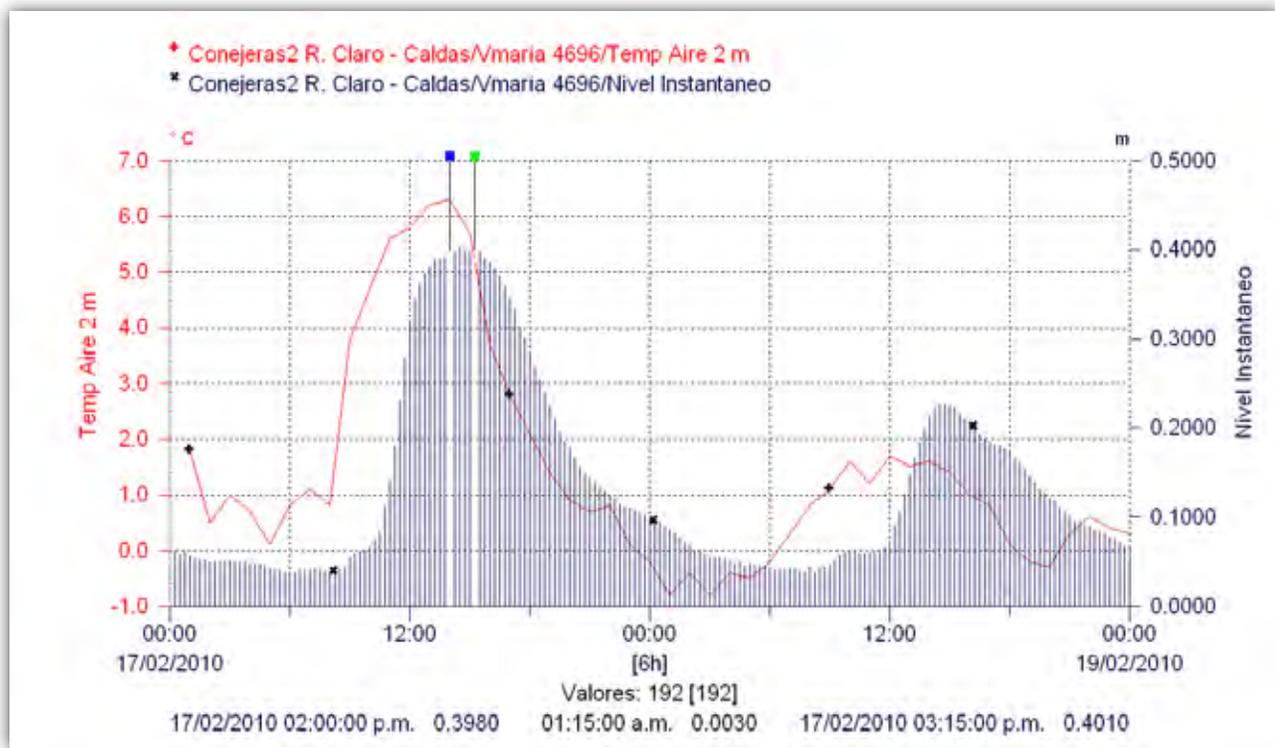


Figura 20 Relación Nivel-Temperatura Cuenca Río Claro

se pudo estudiar, cuantificar y relacionar las pérdidas y ganancias de un glaciar nacional con los fenómenos climáticos extremos como El Niño y La Niña. Para el desarrollo de esta investigación se seleccionó el glaciar ubicado en el volcán Nevado Santa Isabel a una altura entre los 4700 y 5000 metros en jurisdicción del PNN Nevados Los Nevados en los departamentos de Caldas, Risaralda, Quindío y Tolima. (**Figura 21**) Sobre este glaciar se ubicó un área de seguimiento denominada glaciar Conejeras (0.22km<sup>2</sup>) donde el IDEAM instaló una red de instrumentación que ha permitido llevar a cabo investigaciones detalladas sobre los cambios del glaciar. La iniciativa incluyó igualmente el equipamiento de dos cuencas de alta montaña con el propósito de comprender el funcionamiento de estos sistemas entre sí, temática poco abordada en el país.

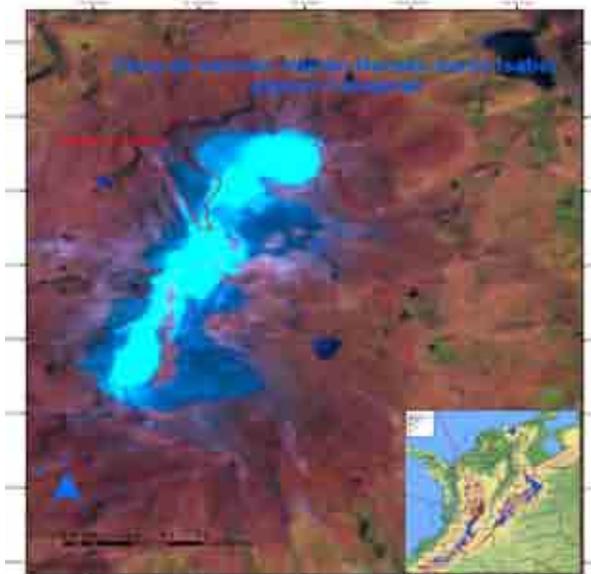


Figura 21. Ubicación Área de Estudio Glaciares

Los resultados obtenidos en este trabajo destacan las pérdidas significativas de masa glaciar para los años 2006, 2009 e inicios del año 2010, periodos que se relacionan con la variabilidad climática de eventos a escala interanual como los efectos sobre el territorio colombiano del fenómeno ENSO (El Niño). En el año 2008 y el segundo semestre del 2010 se presentó una recuperación de la masa glaciar por la presencia de

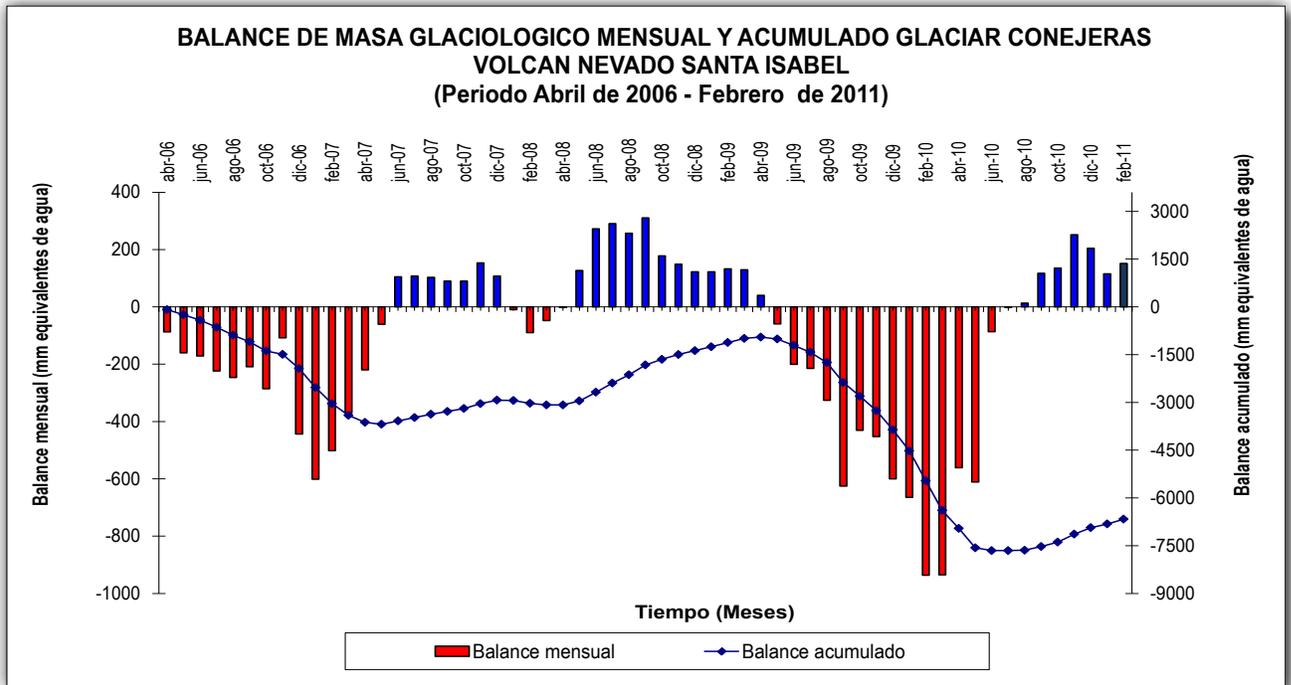


Figura 22. Balance de masa glaciológico conejeras

abundantes lluvias sobre la región Andina, atribuido a los efectos del fenómeno ENSO (La Niña). El balance, en resumen, mostró que durante un lustro de observaciones a este glaciar, prevalecen las pérdidas mostrando con ello la sensibilidad de estos lugares ante las alteraciones del clima. (Figura 22).

Con respecto al rendimiento hídrico del glaciar, su comportamiento está relacionado con la variabilidad del régimen hidrológico en Colombia (Región Andina). A diferencia de una cuenca normal, en la que los caudales tienen una relación directamente proporcional con la precipitación, las zonas glaciares presentan una relación inversa, es decir que la precipitación no influye en el

aumento de sus caudales sino que por el contrario los disminuye. Con los datos analizados se estima que el aporte de escorrentía superficial del área glaciar del volcán nevado Santa Isabel a la cuenca del río Claro es de 8% en época seca y del 1% en época húmeda o lluviosa. (Figura 23)

Si bien los estudios arrojan resultados importantes frente al comportamiento del glaciar Santa Isabel, se concluye que se debe continuar con las labores de seguimiento así como extender la instrumentación hídrica a las cuencas que nacen en el volcán nevado del Ruiz ya que estas contribuyen significativamente con agua a los sistemas naturales inferiores y son fuente de abastecimiento de

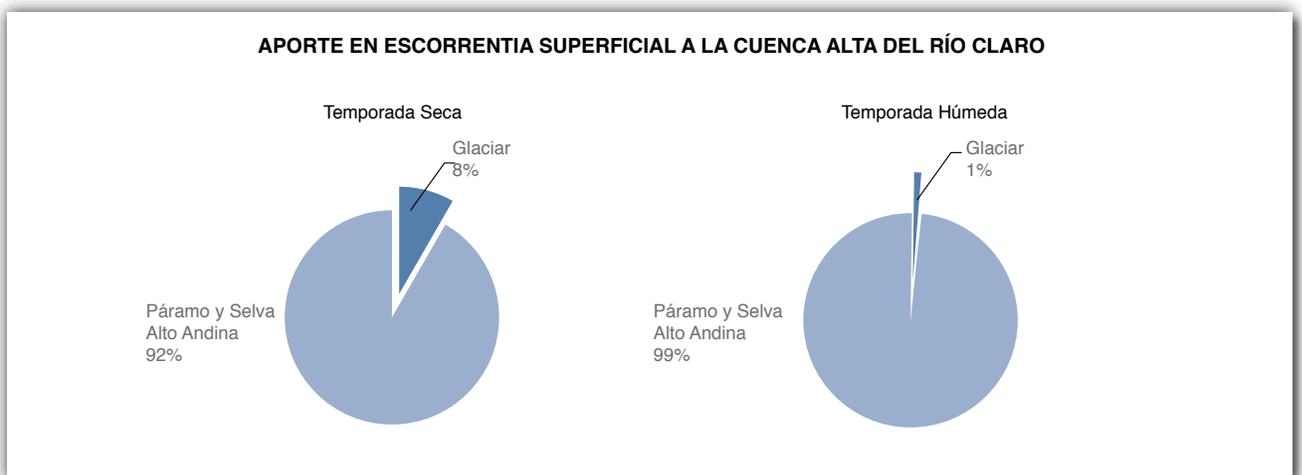


Figura 23 Aporte escorrentía superficial por parte del glaciar.

grupos humanos: igualmente se consideró importante fortalecer las investigaciones glacioclimatológicas en la Sierra Nevada de El Cocuy (departamento de Boyacá) que es la zona glaciaria más grande del país, con tendencia al déficit hídrico y que presenta la mayor ocupación humana en la alta montaña.

Los resultados de las mediciones muestran, entre otros aspectos que, al comparar el rendimiento hídrico del glaciar con respecto al de la cuenca completa, el glaciar presenta un caudal específico que puede alcanzar los 200 Lt/seg\*Km<sup>2</sup> mientras que la cuenca completa presenta un rendimiento máximo de 63 Lt/seg\*Km<sup>2</sup>. Por ende se puede afirmar que la producción neta por Km<sup>2</sup> del glaciar triplica la producción neta de toda la cuenca. Cabe resaltar que eventos extremos como los fenómenos climáticos ENSO pueden generar grandes cambios en la proporciones de escurrimiento en la cuenca. Para el caso particular del fenómeno La Niña que se presentó desde el segundo semestre de 2010, el rendimiento del glaciar estuvo por debajo del rendimiento de la cuenca, lo que indica que el aporte en escurrimiento del glaciar Santa Isabel durante esa época es prácticamente inexistente y el glaciar estuvo en un proceso de acumulación neta. En

el anterior análisis se debe considerar que, a pesar del alto rendimiento hídrico natural de un glaciar colombiano en temporada “seca” (poca lluvia y nubosidad, alta radiación) su proporción de área respecto al total de la cuenca alta del río Claro es muy bajo (1.3%).

### Ciclo del carbono

Dentro de los servicios de soporte que prestan los ecosistemas de alta montaña; uno de los principales corresponde a la fijación de carbono tanto en el suelo (70%) como en la biomasa (30%); en el suelo, la importancia del almacenamiento de carbono es determinante; es así como concentraciones bajas de carbono se asocian con procesos de degradación. Datos muestran que los suelos de ecosistemas de alta montaña pueden llegar a almacenar alrededor de 20 GTon/ha de carbono en un periodo de 25 años, más del 10 % de las emisiones antropogénicas, mientras que suelos con uso intensivo antrópico (labranza), tales como las zonas de cultivo de caña de azúcar se logran acumulaciones de 80 Kg/ha (Puget, P., Chenu, C. y Balesdent, J. 1995).



Figura 24. Montaje de parcelas, toma de muestras y datos ciclo del carbono.

En este sentido y teniendo en cuenta que el desconocimiento frente al ciclo del carbono a nivel nacional ha sido muy limitado, el IDEAM y el Centro internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (2006) desarrollaron el protocolo para el monitoreo del ciclo del carbono, el cual fue validado por la Universidad del Valle: Este protocolo fue la base para la selección de áreas de muestreo, implementación de la metodología para toma y análisis de datos y montaje de las parcelas permanentes de seguimiento. (**Figura 24**) Igualmente y en espacios internos de trabajo para avanzar en el tema se generaron discusiones, análisis y consensos frente a la metodología y forma de abordar el proceso investigativo. Se generaron diversos documentos como el “instructivo para el monitoreo y evaluación del ciclo del carbono en la vegetación y suelos de ecosistemas de alta montaña” (IDEAM 2009), el cual fue ajustado y validado, la “caracterización preliminar del ciclo del carbono (IDEAM 2009)” a partir de la información existente y la “metodología para la captura de información de carbono en los sistemas productivos y su integración en el monitoreo del ciclo de carbono” (IDEAM 2009).

Posteriormente, siguiendo las directrices del protocolo y teniendo en cuenta las áreas seleccionadas para el estudio (PNN Nevados y Macizo de Chingaza) se realizó la ubicación de las parcelas las cuales quedaron distribuidas de la siguiente manera: para el Macizo de Chingaza 2 unidades de muestreo en bosque altoandino (intervenido y no intervenido) y 2 en zonas de páramo con este mismo criterio (intervenido y no intervenido). Para el caso del PNN Nevados se ubicaron en áreas de bosque y páramo (intervenido y no intervenido) y una en la zona de periglaciación.

El desarrollo del tema de carbono incluyó la construcción de bases de datos que incluyen toda la información registrada en los tres años de monitoreo, y que incluye entre otras; crecimiento de la especie, biomasa aérea, producción de hojarasca, necromasa, grado de descomposición en cada uno de los sitios y monitoreo de suelos, para lo cual se diseñó un formato específico de toma de datos. (**Figura 25**).

Los análisis de carbono fueron realizados frente a tasas de descomposición de material vegetal y contenido en el suelo tanto en parcelas de páramo como de bosque: Los resultados preliminares indican, por ejemplo, que los mayores contenidos de carbono se encuentran en ecosistemas boscosos poco intervenidos, lo que se atribuye principalmente al comportamiento lento y continuo de descomposición en estas áreas. Es de anotar que reconociendo la necesidad de contar con periodos de registro más largos, los resultados no permiten afirmar con contundencia el comportamiento del carbono en los ecosistemas estudiados y en tal sentido se requiere dar continuidad a las investigaciones.

Los resultados para las parcelas del PNN Chingaza indican que los mayores contenidos de carbono se encuentran en los suelos de la parcela de bosque, atribuido principalmente al comportamiento lento y

continuo de descomposición, que le permite absorber CO<sub>2</sub> atmosférico en la materia orgánica, suministrada principalmente por la vegetación. Los resultados del último año de monitoreo indican que el carbono presente en la parcela de bosque no intervenido es de 336 tC/h, doblando a los valores de la parcela de bosque intervenido que tienen 115,20 tC/h.

En cuanto al PNN Los Nevados, los resultados indican que los mayores contenidos de carbono se encuentran en los suelos de la parcela de páramo intervenido, sitio Las Trillizas, con un total de 90 tC/h. Lo sigue la parcela de bosque no intervenido, con un total de 70 tC/h. Es de aclarar que estos valores son los registrados hasta septiembre de 2010.

Como ya se mencionó, se hace necesario dar continuidad a la toma y análisis de datos que incluyan muestreos destructivos, análisis de suelos bajo diferentes coberturas, implementación de parcelas permanentes en ecosistemas similares ubicados en otras zonas, analizar flujos, estudios en áreas con diferentes estados de sucesión (bosques altamente intervenidos, bosques de sucesión secundaria tardía y avanzada, páramos azonales, antrópicos, así como páramos secos y con regímenes de humedad alta), lo que permitirá hacer comparaciones y determinar con mayor certeza el papel de estos ecosistemas frente al almacenamiento y ciclo del carbono.

En el documento que presenta el producto final frente al análisis del comportamiento de los ciclos de agua y carbono en ecosistemas de alta montaña, se muestra de manera detallada el proceso y las conclusiones de las investigaciones realizadas en marco del proyecto. (**Anexo 4**).

### Reducción de los impactos adversos en la regulación hídrica del la cuenca del Río Blanco.

Mucho se ha mencionado la relación de las coberturas vegetales con los procesos de regulación hídrica en los ecosistemas de alta montaña; es así como estudios realizados en el Páramo de Guerrero (Cundinamarca) muestran como la estructura de la vegetación incide en la captura y regulación de flujos hídricos provenientes de la precipitación vertical (lluvia) y precipitación horizontal (niebla). De manera tal que en caso de reemplazar la vegetación original e estas áreas (Frailejonales, pajonales y arbustales) por áreas para cultivo, las pérdidas de agua en el ecosistema serían considerables (Tobón, et al 2005).

Es así como la recuperación y mantenimiento de coberturas vegetales en los ecosistemas de alta montaña se hace prioritario. Por esta razón se establece la necesidad de conservar las coberturas de vegetación natural y los cinturones de vegetación riparia en los bordes de los afluentes de la cuenca del río Blanco. Para tal fin se implementaron acciones diseñadas a través de procesos de restauración



INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES  
Subdirección de Ecosistemas de Información Ambiental - Grupo de Suelos y Tierras  
**Proyecto de Monitoreo de Carbono en Ecosistemas de Alta Montaña**

Departamento: Cundinamarca

Municipio: La calera

Sitio: Parque Nacional Natural Chingaza

Parcela: Páramo Intervenido A

Fecha de muestreo		L. S. C.	L.S.P.U.V.	09/07/2009	2-8/06/2010	9-13/08/2010	01/08/2010
Coordenadas	Norte				4°39'48,2"		4°39'48,1"
	Este				73°49'23,9"		73°49'23,9"
Altitud (msnm)					3270		3251
% C		3,65	0,53	11,4	13,92	1,49	12,36
Prof.		0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
% Arena		26		20,37	72,68	60,9	46,08
% Limo		24		46,99	18,21	33,4	38,2
% Arcilla		50		32,64	9,11	5,6	15,73
Textura		Ar	ArL	FAr	FA	FA	FA
D. Aparente			1,67	0,46	0,54	0,66	0,31
C Total			0,309785	1,8354	2,63088	0,34419	1,34106

Fecha de instalación:		
Día	Mes	Año
9	Diciembre	2009

Segunda medición																			
Fecha de registro				Responsable de la toma de datos en campo: Claudia Ojeda, Robert León, Carolina Rozo, Jimmy Arendáño														Fecha del registro	
Fecha de registro				Responsable del procesamiento de datos: Jimmy Arendáño - <a href="mailto:JimmyArendano@gmail.com">JimmyArendano@gmail.com</a>														Fecha del registro	
Fecha de registro				Responsable de los registros en papel: Grupo de Carbono - IDEAM														Fecha del registro	
Biom (T)	Carbono total (T/ha)	Diámetro (DAP)	Diámetro (DAP) (cm)	Diámetro (DAP) (m)	DAP <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	H <sub>100</sub> (m)	H <sub>100</sub> (cm)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	G (m <sup>3</sup> )	B <sub>100</sub> (kg)	B <sub>100</sub> (T/ha)	B <sub>100</sub> (kg)	B <sub>100</sub> (T/ha)	B <sub>100</sub> (T/ha)	Carbono total (T/ha)	Diámetro (DAP)	Diámetro (DAP) (cm)	Diámetro (DAP) (m)
0,503	0,2515	40,50	5,4360	0,544	0,0298	14,5	1,5	1,94	144	0,037	28,707	0,591	8,061E-05	1,619E-06	0,591	0,297	49,3	5,43	0,544
0,5552	0,2776	52,50	16,7700	0,1674	0,0279	14,0	6,0	1,94	144	0,0215	30,232	0,0007	5,968E-05	1,697E-06	0,6007	0,3004	52,5	16,77	0,1674
0,2516	0,1258	30,00	11,5042	0,1150	0,0130	12,0	1,0	1,94	144	0,0087	11,0424	0,2200	2,169E-05	5,748E-07	0,2200	0,1100	30,0	11,50	0,1150
0,4687	0,2343	57,20	16,2376	0,1620	0,0266	15,0	6,0	1,94	144	0,0305	30,581	0,676	3,335E-05	1,688E-06	0,676	0,3380	57,2	16,24	0,1620
0,4690	0,2345	48,00	5,2789	0,1520	0,0233	15,5	6,0	1,94	144	0,0183	25,255	0,9043	7,143E-05	1,688E-06	0,9043	0,2822	48,0	5,28	0,1520
0,2342	0,1171	32,12	10,2241	0,1022	0,0105	16,0	6,0	1,94	144	0,0082	13,381	0,2576	2,169E-05	5,748E-07	0,2576	0,1288	32,1	10,22	0,1022
0,2247	0,1123	31,14	10,5301	0,1053	0,0111	17,0	7,0	1,94	144	0,0082	11,6224	0,2247	2,169E-05	5,748E-07	0,2247	0,1123	31,1	10,53	0,1053

Figura 25. Formatos de toma de datos para vegetación y suelos

ecológica<sup>13</sup> con los actores locales bajo la premisa que “son las comunidades las que deben apropiarse y ser conscientes de la necesidad de adaptarse y adaptar el territorio frente a las posibles consecuencias del cambio climático”. En este sentido y paralelamente a la implementación de estas acciones de restauración en áreas degradadas y adaptación de sistemas productivos se desarrolló un componente social que apoyó permanentemente todo el proceso. Las actividades desarrolladas beneficiaron de manera directa cerca de 850 personas provenientes de comunidades rurales que estuvieron vinculadas al proyecto y de manera indirecta aproximadamente 15.000 personas que habitan la Cuenca.

Se contrató un estudio con la firma EPAM E.S.P (2010) para la “Caracterización y Diagnóstico de las Coberturas de la Tierra y Uso del Suelo en la Cuenca del Río Blanco y la “Formulación e Implementación de una Estrategia de Restauración Ecológica del Paisaje”; estos documentos incluyen cartografía de coberturas de la tierra a Escala 1:25.000, Unidades de Paisaje a Escala 1:25.000; un diagnóstico de los procesos de cambio en la cobertura y uso de la tierra de la que incluye: Memoria técnica y cartográfica y documento de criterios para la formulación del plan de restauración, conservación y manejo de las coberturas de la tierra<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Restaurar ecológicamente un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido, significa asistir el proceso de sucesión vegetal, hasta que se alcance nuevamente la estructura y función del ecosistema, utilizando como marco de referencia el ecosistema original y la teoría ecológica, sin desconocer que es imposible recrear una réplica exacta del ecosistema original.

<sup>14</sup> Documentos que hacen parte integral de los resultados de la consultoría EPAM 2010. Contrato de Transacción Conservación Internacional - EPAM.

La caracterización detallada de la cobertura vegetal del área permitió identificar especies apropiadas, posibles arreglos y áreas estratégicas. El estudio incluye la identificación de las zonas prioritarias para la restauración ecológica, la cual se basó en un análisis de conflictos de uso de la tierra, así como de las áreas que presentan diferentes grados de amenaza morfológica y aquellas con susceptibilidad a incendios. Las áreas seleccionadas fueron:

- Áreas de páramo y subpáramo que han sufrido deterioro o degradación de su cobertura vegetal natural, por procesos tales como el pastoreo, la agricultura o las quemas.
- Áreas de bosque altoandino, andino y subandino no aptas para uso agropecuario y que han sufrido deterioro o degradación de su cobertura vegetal natural, por procesos tales como la tala y/o las quemas.
- Áreas de bosque ripario y/o de bordes de humedales que han sufrido deterioro o degradación de su cobertura vegetal natural, por procesos tales como la tala y/o las quemas.
- Franjas de ronda de protección hídrica desprovistas de cobertura vegetal natural.
- Áreas de reserva forestal y/o parques nacionales naturales cuya cobertura vegetal natural presenta signos de deterioro o degradación.
- Áreas deterioradas o degradadas por procesos de erosión hídrica superficial o de movimientos en masa.
- Áreas degradadas por la minería.

Posteriormente, y con el fin de involucrar a la comunidad en el proceso se adelantaron jornadas pedagógicas de intercambio de saberes, realizadas en torno a la definición de las especies de plantas claves para los procesos de restauración, propagación e identificación de usos tradicionales; de esta manera se logró que en todas las etapas del proceso estuviera presente la comunidad de las diferentes veredas que hacen parte de la cuenca. Por último se llevó a cabo la implementación, por parte de las comunidades y asesoría técnica del proyecto, de 198 procesos en zonas estratégicas para la regulación hídrica como son nacimientos y rondas de ríos y quebradas que abastecen a las comunidades del área, así como 24.8 kilómetros de “cercos vivos”. Es de destacar que en desarrollo del proceso de restauración ecológica se propagaron 83 especies de la región entre las que se desatacan *Myrcia cuculata*, *Tibouchina lepidota*, *Erythrina edulis*, *Weinmannia fagaroides*, *Cedrela montana* entre otras. De estas fueron sembrados cerca de 6500 individuos. La **figura 26** muestra algunas etapas del proceso.

Con el fin de garantizar la sostenibilidad de las actividades implementadas, se construyó el “centro experimental para la germinación y propagación de especies alto andinas” que se constituye en un espacio a través del cual las comunidades locales en convenio con instituciones públicas y privadas tendrán la oportunidad de dar continuidad a la producción de especies vegetales para las revegetalización y restauración. La operación del centro será igualmente una alternativa para la asociatividad comunitaria y la generación de empleo local. Como complemento a este espacio se promovió en el área la creación de 9 invernaderos satélites en algunas zonas de la cuenca en los cuales se fomenta la producción de hortalizas, frutales, especies forestales y aromáticas para autoconsumo. (**Figura 27**).

### Mejoramiento de los agroecosistemas productivos en la cuenca del Río Blanco del Macizo del Chingaza.

Otra de las actividades adelantadas por el componente de alta montaña fue la promoción de sistemas agroforestales con el fin de construir resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos de altura a los impactos del cambio climático y reducir la presión que estos ejercen sobre los ecosistemas de la Alta Montaña en la cuenca del Río Blanco del Macizo del Chingaza; El trabajo se abordó bajo el enfoque de la participación comunitaria, y mediante los estudios efectuados en el marco del proyecto por parte de la firma Sunahisca, quien adelantó la caracterización de los sistemas productivos, su representatividad y su relación e influencia con las áreas de bosque altoandino y páramo en la cuenca..

El diseño metodológico elaborado para dicha caracterización implicó cuatro elementos básicos:

- Conocimiento y análisis del territorio y su contexto. Se implementaron encuestas que fueron aplicadas aleatoriamente a través de un muestreo estadístico, talleres veredales, recorridos de campo y visita a fincas.
- Relacionamiento con la comunidad local con el fin de incluir la visión e interpretación local de los sistemas productivos
- Establecimiento de espacios y metodologías de análisis de la información, para lo cual se desarrolló una metodología desde la perspectiva de la seguridad del territorio (Wilches, 2008)<sup>15</sup>, se integró al análisis el enfoque de los medios de vida (Castellanos, 2008)<sup>16</sup> y el procedimiento para analizar la vulnerabilidad al cambio climático (IPCC, 1997)<sup>17</sup>.

15 Wilches G (2008) Enfoque y metodología para la evaluación y armonización de las políticas de erradicación de la pobreza, cambio climático y política hídrica nacional. Bogotá DC.

16 Castellanos L (2008) Como vive la gente en los páramos?.

17 IPCC (1997). Evaluación de la vulnerabilidad. Informe especial de impactos re-



Figura 26 Producción y siembra de plántulas para los procesos de restauración.

Para establecer la tipología de los sistemas de producción se tuvo en cuenta la estructura y funcionalidad de los sistemas, identificando los componentes que lo conforman y su interrelación, así como los procesos sociales, económicos y técnico productivos presentes, y las variaciones en sus

condiciones biofísicas. Se definieron las variables determinantes y discriminantes que permitieran identificar, definir y caracterizar los sistemas de producción de mayor representatividad en la Cuenca Alta y por ende su estado actual<sup>18</sup>.



Figura 27. Centro experimental e invernadero satélite

Las variables identificadas que condicionan y determinan la estructura de los sistemas de producción fueron: la composición familiar de quienes habitan los predios o de los propietarios, extensión de los predios, tenencia y forma de adquisición del predio, cobertura y uso del suelo, agro ecosistemas establecidos y extracción y uso de los recursos naturales, y altitud. Para determinar la funcionalidad de los sistemas de producción se tuvo en cuenta: actividad principal y producto generador del ingreso, tipo de relaciones productivas, asistencia técnica, crédito y manejo ambiental, interrelación entre componentes y pérdidas del sistema.

A partir de una muestra estadísticamente representativa de las fincas de las veredas, localizadas en tres estratos altitudinales relevantes: el bosque alto andino, el páramo bajo (subpáramo) y el páramo, y a partir de la información colectada en campo, se generaron variables síntesis que permitieron tipificar las fincas y representarlas cartográficamente. Mediante la utilización de sistemas de información geográfica (para tipificar y clasificar por sus cualidades y atributos), y paquetes estadísticos, se clasificaron en grupos homogéneos según sus características biofísicas y socioeconómicas, se realizó un análisis de correlación y se determinó para cada grupo variables representativas que permitieron clasificar los predios de cada estrato y facilitar la tipificación y espacialización de los sistemas de producción predominantes.

Posteriormente, se identificó la vulnerabilidad ambiental, sociocultural y económica, tanto de los ecosistemas como de los sistemas de producción de alta montaña para lo cual se tuvo en cuenta factores de exposición, sensibilidad, impacto potencial, capacidad adaptativa y vulnerabilidad de los sistemas de producción. Se identificaron las implicaciones y beneficios potenciales de las opciones de reducción de la vulnerabilidad y las gestiones necesarias para el ordenamiento ambiental del territorio y la reconversión de los sistemas de producción en términos sociales, culturales y económicos. Como resultado de este trabajo se identificaron 4 sistemas de producción para la cuenca:

1. SP1: Sistema de Producción familiar muy pequeño, con diversificación de cultivos, ganadería trashumante, diversidad de fuentes de ingresos extra-prediales y bajo manejo ambiental de la finca. Ocupa 1.164 ha, que representan el 4,44% de la alta montaña.
2. SP2: Sistema de producción familiar de pequeños propietarios fraccionado en predios pequeños, con énfasis en ganadería tradicional extensiva, tendencia al monocultivo con fines comerciales, alta incidencia de venta de mano de obra y bajo manejo ambiental. Ocupa 4.410 ha, que representan el 16,85% de la alta montaña.
3. SP3: Sistema de Producción de medianos propietarios fraccionados en predios medianos con establecimiento de monocultivos comerciales,

asociados a ganadería extensiva tradicional e introducción de pasturas mejoradas, con un mediano manejo ambiental. Ocupa 6.686 ha, que representan el 25,54% de la alta montaña.

4. SP4: Sistema de producción de grandes propietarios fraccionados en predios grandes, con predominio de ganadería extensiva de cría, levante o ceba, u otras especialidades y bajo manejo ambiental. Ocupa 8.911 ha, que representan el 34,04% de la alta montaña.

El análisis de alternativas para el cambio de prácticas productivas incluyó la capacitación permanente de la comunidad así como la formulación de planes de manejo predial adaptativo, que constituyó un instrumento importante para orientar la gestión de áreas con especial significancia ambiental y agroecológica, y a partir del cual se definieron acciones de manejo a mediano plazo. El diseño e implementación de esta herramienta orientó la gestión de áreas de especial significancia ambiental para alcanzar sus objetivos de producción y conservación de largo plazo, a partir del logro de objetivos más específicos de mediano y corto plazo. Los planes de manejo predial adaptativo han sido el resultado de un proceso de construcción participativa donde se logró obtener la legitimidad social, a través de dos elementos importantes: el primero que parte de reconocer que este puede variar dependiendo de los factores que incidan en su elaboración (información, participación social, consensos, legitimidad del área, logro de los objetivos de conservación, condiciones presupuestales y administrativas, etc.), y el segundo que implica que no es un documento estático, construido en un momento dado, sino que por sus características, su formato, que plasma los avances en el tiempo, se sintetiza en una serie de documentos y formas consensuadas de tal manera que el Plan de Manejo del área se presenta como un proceso documentado. Como resultado principal del uso de esta herramienta se cuenta con 200 fincas caracterizadas, y 90 unidades productivas con plan de manejo predial formulado, beneficiando directamente a cerca de 280 personas.

Otros resultados importantes incluyen la implementación de cercos vivos, 74 huertas orgánicas, 10 establos, 20 galpones, preparación de abonos orgánicos y biopreparados (para contrarrestar efectos de plagas y hongos en los cultivos y a la vez disminuir el uso de abonos químicos) aislamientos para protección de nacimientos de agua, 8 sistemas de riego por goteo para generar acciones frente al manejo eficiente de recurso hídrico, prácticas de manejo y conservación de suelos de ladera a través del establecimiento de 660 metros lineales de trinchos de guadua y practicas sencillas tales como el manejo y siembra de coberturas, acequias de coronación, establecimiento de 20 Kms. de aislamientos con cercos vivos y manejo agronómico de cultivos de uchuva y tomate de árbol entre otros. (**Figura 28**) Paralelamente se trabajo en la producción de aceites esenciales a partir de plantas medicinales, condimentarias y aromáticas de uso tradicional por parte de las poblaciones locales; este proceso generó el fortalecimiento frente a la seguridad y soberanía



Figura 28. Implementación de actividades productivas sostenibles

alimentaria, el mejoramiento del sistema productivo agropecuario y un mayor empoderamiento por parte de las comunidades campesinas.

Se capacitó a la comunidad rural en temas de implementación de sistemas sostenibles de producción agropecuaria y agroforestal, tecnologías apropiadas de manejo de la ganadería, manejo y mejoramiento de pasturas, mejoramiento genético de los animales, bancos de proteína, transformación y procesamiento de lácteos, gestión empresarial rural y mini cadenas productivas, uso eficiente, y ahorro del agua, saneamiento básico. En términos generales y con el desarrollo de estas actividades se beneficiaron de manera directa cerca de 90 familias de productores campesinos cuyos predios suman más de 210 hectáreas.

Con el fin de socializar los avances y resultados en la implementación del proyecto, así como conocer otras experiencias de trabajo comunitario, se realizó una gira a la región del eje cafetero en donde se logró contar con la participación de representantes de las comunidades de las 8 veredas donde se implementa el INAP. Este espacio fortaleció y afianzó los conocimientos de los participantes e igualmente sirvió para ajustar las metodologías de trabajo comunitario que se estaban desarrollando.

Otro resultado del proceso, fue la propuesta para la implementación de sistemas agroforestales -SAF- cuya premisa apunta a optimizar la producción total por unidad de superficie, respetando la protección de la base de recursos, bajo el principio de rendimiento sostenible; sin embargo la puesta en marcha de este tipo de alternativas generan múltiples expectativas algunas de ellas relacionadas con la viabilidad económica de los mismos. Para dar respuesta a esas inquietudes se adelantó un análisis económico a fin de comparar los beneficios y costos de las prácticas agrícolas tradicionales frente los SAF y tener un elemento más de juicio para el posible cambio de prácticas agropecuarias en el área.

En conjunto con los habitantes de la cuenca se determinaron los aspectos prioritarios a trabajar, según las vulnerabilidades identificadas en la cuenca: 1) Suelos y potreros degradados. 2) Destrucción de bosque. 3) Reducción de riesgo socioeconómico y aumento en la seguridad alimentaria. Para esto se acordó hacer el análisis de valoración económica para la implementación de un sistema silvopastoril, tres sistemas agroforestales, establecimiento de cercas vivas, protección de nacimientos y bordes de ríos y quebradas y construcción de huertas caseras.

La valoración económica de los SAF se basó en un valor esperado, que es el Valor Presente Neto real (VPN) a un tiempo arbitrario  $t$ , de todos los flujos de efectivo futuros de un determinado cultivo, y todos los futuros cultivos similares. Para los sistemas productivos con SAF se estimó un VPN relativamente constante (debido a la degradación ambiental evitada y el valor de los

servicios ecosistémicos durante el periodo 2010 – 2050 en las siguientes magnitudes; Silvopastoril \$165.624.234 pesos, arreglo Papa-Chachafruto \$52.992.698 pesos, arreglo Maíz-frijol-Chachafruto \$31.095.370 pesos, arreglo Arveja-Chachafruto \$90.994.176 pesos, presentando un incremento en beneficio de 35%, 53%, 38% y 34 % respectivamente, en comparación con el sistema de producción actual. (Alterio 2011)

En términos de costos evitados se puede mencionar que con la protección de nacimientos el costo evitado es cercano \$3.678.758 por hectárea durante el periodo 2010-2050 (pesos 2010); frente a la implementación de cercas vivas, se estima que el beneficio económico equivalente por servicios ambientales [VPN 2010-20150] es de \$41.298.551 pesos por Km, y para la protección de bordes de ríos y quebradas es de \$39.227.301 por hectárea. Respecto a la huerta, el beneficio económico por valor de la producción que puede interpretarse como un costo evitado o como ingreso en efectivo es de \$1.989.583 [VPN 2010-2050]. Es de aclarar que la valoración económica se basó en ingresos equivalentes y costos evitados por los servicios ecosistémicos prestados por las especies arbóreas. Adicionalmente, estas especies también pueden generar recursos adicionales en función de nuevos usos.

Se consideró que el análisis económico de los sistemas estudiados debe contemplar un marco de tiempo amplio, con períodos de tiempo no menores a 10 años, acorde con los servicios ecosistémicos y el cambio positivo de los mismos al introducir prácticas agroforestales. Además, la integración de los valores ecosistémicos en el flujo de caja permite distinguir los impactos positivos de los sistemas agroforestales respecto a los esquemas tradicionales de producción.

Los resultados del análisis económico concluyen que en el largo plazo, el bienestar de las comunidades campesinas es mayor en aquellos casos en los cuales se instalan y mantienen en el tiempo prácticas agroforestales, frente a aquellos casos en los cuales no existe una transformación tecnológica. También se corrobora que el esquema de SAF mejora las condiciones de comunidades rurales recuperando e incrementando el equilibrio entre la conservación ambiental, el beneficio económico y bienestar social.

Un documento completo que incluye tanto las actividades de restauración ecológica del paisaje como la implementación de sistemas productivos ecológica y económicamente viable se presenta en el documento anexo (**Anexo 5**).

### Modelos de planificación del uso de la tierra que incorporan los impactos del cambio climático:

Otro aspecto abordado por el componente de alta montaña fue la incorporación de acciones para enfrentar los impactos del cambio climático, en los instrumentos de planificación de uso de la tierra. En este sentido se realizó el acompañamiento y apoyo técnico a los municipios de La Calera y Choachí en el ajuste a los planes y esquemas de ordenamiento territorial, para lo cual se convenios específicos entre el IDEAM y los municipios mencionados.

Se incluyeron actividades de capacitación a las Juntas de Acción Comunal – JAC - Organizaciones de Base, intercambio de Información para dar apoyo técnico a los Planes de Ordenamiento Territoriales – POT-, cooperación y apoyo técnico a las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) a través de las acciones implementadas por el proyecto INAP, fortalecimiento del Comité Local de Prevención y Atención de Riesgos CLOPAD, Consejo Ambiental Municipal -CAM – y el Sistema de Gestión Ambiental Municipal –SIGAM. Este proceso evidenció la necesidad e importancia de incluir el tema de adaptación al cambio climático en la planificación territorial, para lo cual se realizaron varios talleres con instituciones públicas y oficinas encargadas del tema al interior de los municipios.

Como apoyo a este proceso se avanzó en la definición de una Estructura Ecológica Territorial Adaptativa (EETA) que se define como “una red de espacios y corredores que sostienen y conducen la biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a través del territorio, en sus diferentes formas e intensidades de ocupación, dotando al mismo de servicios ambientales para su desarrollo sostenible asumiendo igualmente la transición ecosistémica y ambiental asociada al cambio climático y asegurar la disponibilidad del recurso agua”. (Adaptado por el INAP del Acuerdo 248 del 22 de noviembre de 2006). Esta propuesta incluye cartografía de cobertura de la tierra y sistemas productivos, vulnerabilidad y sensibilidad del territorio y amenazas por actividades como minería desarrollos de infraestructura morfodinámica e incendios entre otra. (**Figura 29**). Esta información fue enriquecida a través del intercambio de conocimiento y discusión con las comunidades del área.

La propuesta se trabajó a escala 1:25.000, que permite contar con un nivel de detalle relevante para la toma de decisiones a nivel local. El marco conceptual de la EETA se base en los lineamientos aportados por la adaptación basada en ecosistemas, según la cual la adaptación al cambio climático está especialmente orientada hacia el mantenimiento de los servicios ecosistémicos más relevantes para la sociedad y que presentan una mayor vulnerabilidad al cambio climático. De esta forma, el eje central es el mantenimiento del recurso hídrico, para lo cual se determinaron como elementos principales el ecosistema de páramo, los humedales de alta montaña,

las zonas de recarga de acuíferos y la red de drenaje principal y secundario. Finalmente se define que los procesos de adaptación deben contemplar alternativas de sustitución, reconversión y diversificación de sistemas productivos de tal manera que se garantice la sostenibilidad del recurso hídrico como base del desarrollo local y regional.

Con este marco de trabajo se generaron cada una de las categorías de manejo de la EETA que para el caso particular son: Mantenimiento, constituido por las zonas que por su cobertura vegetal ofrecen un importante servicio en la regulación hídrica y albergan elementos representativos de la biodiversidad local y regional, en el área ocupa un área de 16.471 hectáreas que corresponde al 40,6%; Rondas y Nacimientos si bien la normativa nacional define como área de ronda una franja de 30 metros la cual debe ser conservada, la realidad local y regional impide que este determinante se cumpla a cabalidad, por lo cual se hace necesario definir 3 categorías para esta zona cuya principal actividad es la conservación. De esta forma, el cauce del Río Blanco tendrá 30m, los cauces de cada una de las sub cuencas tendrán 15m y los demás cauces (que en la realidad deben ser concertados con los propietarios) son de 7m. Para el caso de nacimientos se determinó que en El Río Blanco, 100 m, los nacimientos de cada una de las subcuencas 50m y los demás nacimientos (que igualmente deben estar concertados con los propietarios), 10m. El área total de esta categoría es de 2.015 hectáreas que equivale al 5,0% del total de la zona de trabajo.

Estas áreas están sometidas en la actualidad a actividades productivas tales como ganadería y agricultura, por tal motivo se recomendó adelantar procesos de negociación con los propietarios a fin de lograr un cambio de uso y que se cumplan los objetivos de manejo planteados. Se incluyen áreas de ronda que se encuentran en la categoría de mantenimiento y bajo la figura de área protegida (PNN Chingaza), sobre las cuales el proceso de conservación está garantizado.

La siguiente categoría corresponde a la asociada a producción y está constituida por zonas con coberturas relacionadas con las actividades productivas. La cobertura predominante es la de pastos limpios, con 60% , lo cual muestra el predominio de la ganadería. En el aspecto agrícola, se presentan mosaicos de cultivos y papa y cebolla cabezona en menor escala. El impacto que generan estas actividades sobre el área es evidente y amenaza las zonas de páramo aún existentes. Estas áreas suman en total 19.207 hectáreas que corresponde al 47.4%. La última categoría corresponde a la de transición que se trata de coberturas en proceso de regeneración natural como los arbustales y las áreas degradadas por diferentes procesos (naturales y antrópicos) y los afloramientos rocosos. Estas coberturas pueden ser afectadas por la intervención humana tanto en procesos productivos, como en iniciativas de restauración, lo cual determinaría su categoría final. Estas áreas corresponden a 2.870

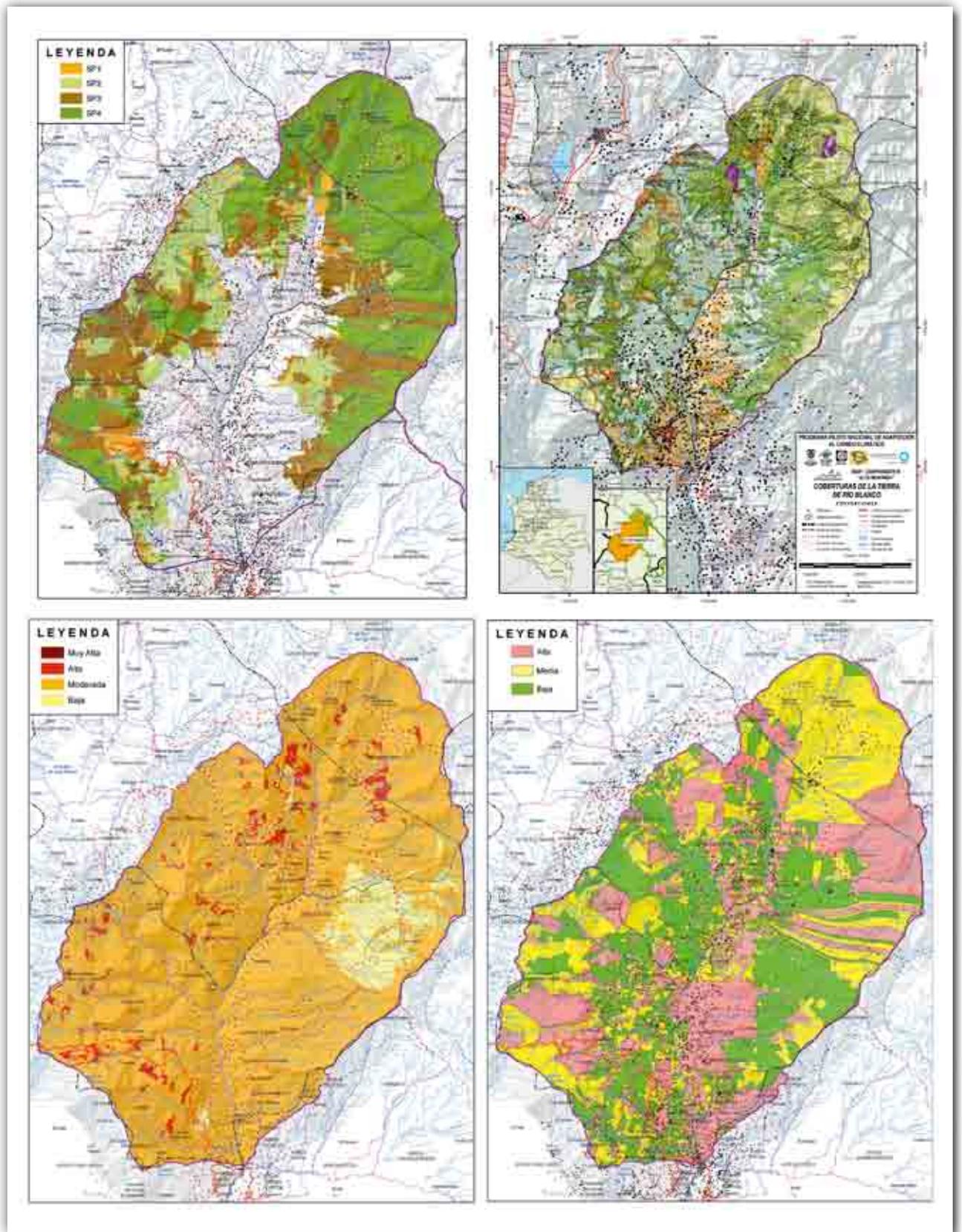


Figura 29. Cartografía de sistemas productivos, amenaza por incendios, sensibilidad y vulnerabilidad utilizada para la definición de la Estructura Ecológica Territorial Adaptativa

hectáreas que representan el 7.1%. La **figura 30** ilustra las diferentes categorías de la EETA.

La EETA constituye la base principal para que a través de su implementación los municipios que adopten esta figura incorporen en sus procesos de ordenamiento el tema de la adaptación al cambio climático. A esto se incorpora el reconocimiento del ordenamiento de territorio desde las comunidades locales y la visión que a través de los planes de ordenamiento predial y planes de vida adaptativos se generó por parte del proyecto.

Esta propuesta hace parte de la guía para incorporar los aspectos de la adaptación al cambio climático en los instrumentos de ordenamiento territorial, la cual se anexa al presente documento. (**Anexo 6**). Se espera que estas guías sean implementadas en cualquiera de los cerca de 400 municipios de alta montaña existentes en el país por encima de los 2750 msnm.

Adicionalmente, se realizó el acompañamiento y apoyo a los municipios del área piloto en el tema de prevención y mitigación de riesgos, a través de la participación en espacios de discusión como el Comité Ambiental del Sistema de Gestión Ambiental en el Municipio (SIGAM), en los cuales se compartió la información generada

por el proyecto y desde al el área social y educativa se adelantó un proceso de concertación con el Comité Local Para la Atención de Desastres (CLOPAD) del municipio de La Calera, para apoyar la construcción de Planes de Gestión del Riesgo en las veredas en donde se implementó el proyecto.

Desde el componente social se adelantó una estrategia de acompañamiento a las diferentes actividades que implementó el proyecto INAP. Se diseñó una estrategia para involucrar a las comunidades en todas y cada una de las acciones del mismo, se implementaron los denominados Planes de Vida Adaptativos en nueve sectores; 6 de La Calera y 3 de Choachí con la participación de más de 640 personas de 205 familias en donde se dio el diálogo de saberes y se integró el trabajo que se realizó desde las diferentes actividades del INAP. A través de estas instancias se trabajó en la identificación de riesgos y amenazas realizando de manera participativa un análisis de vulnerabilidad del territorio de donde posteriormente surgieron los acuerdos para el ordenamiento territorial y de adaptación al cambio climático los cuales fueron plasmados en la propuesta de Estructura Ecológica Territorial Adaptativa.

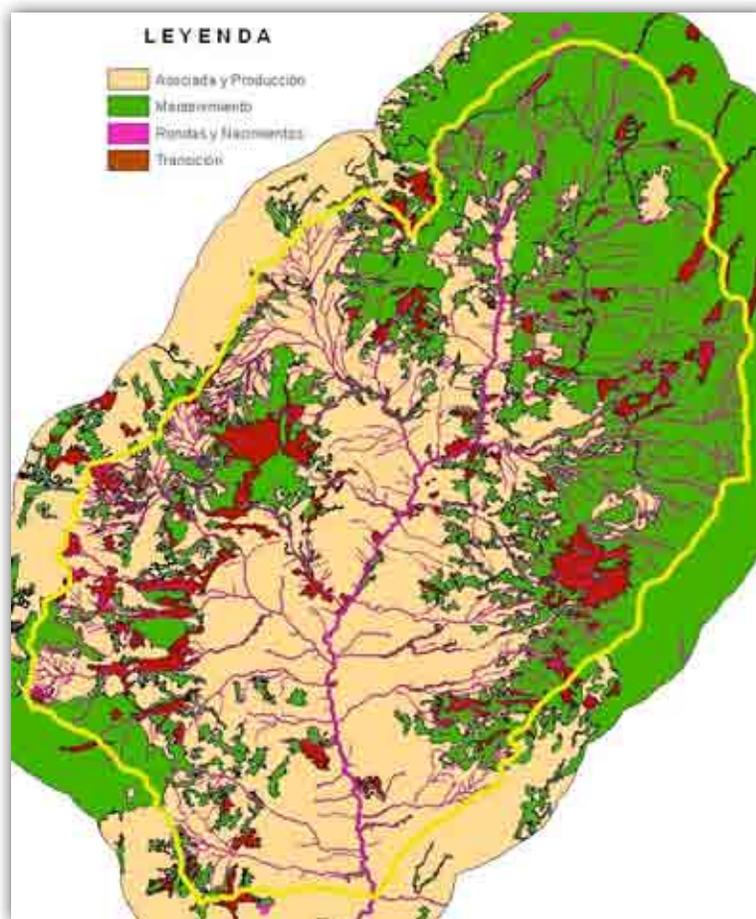


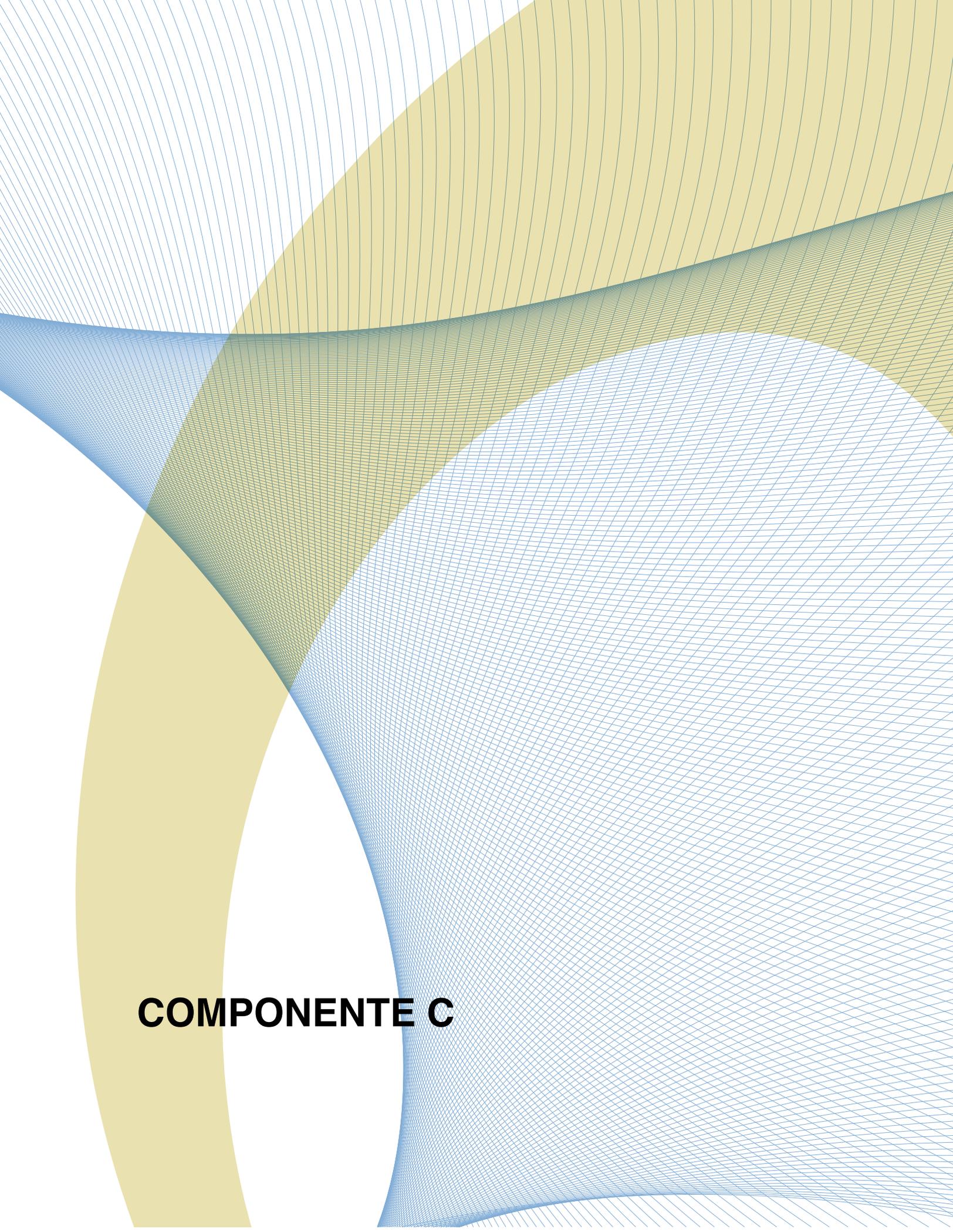
Figura 30. Estructura Ecológica Territorial Adaptativa

Se fortaleció la capacidad local para la adaptación al cambio climático, incidiendo igualmente sobre los procesos de adaptación cultural en la cuenca del río Blanco. En apoyo a este trabajo con comunidades se generó una “Caja De Herramientas” (diseño de talleres) para la implementación de los planes de vida adaptativos que puede ser adaptada a otras áreas del país con características similares. Frente a este tema de trabajo social, uno de los logros más importantes lo constituye la incidencia en la planificación de los programas educativos que se desarrollan en la cuenca del río Blanco en donde, conjuntamente con docentes y estudiantes, se incluyó la temática de cambio climático en el currículo escolar tanto a nivel de primaria como secundaria. Esta situación garantiza que el tema permanezca vigente y por ende que actividades como la operación del centro de propagación, el mantenimiento en la implementación de sistemas productivos alternativos, las prácticas de uso y manejo eficiente del recurso hídrico y la restauración ecológica entre otras, tengan mayores posibilidades de sostenibilidad. Finalmente es importante reconocer que el desarrollo de este componente en particular logró incidir en espacios institucionales y comunitarios que además de facilitar la implementación de las actividades del proyecto, generó un proceso de apropiación frente a la necesidad de adaptar el territorio a fin de disminuir la vulnerabilidad. Igualmente ha sido un referente para la estructuración e implementación de proyectos de adaptación como es el caso del programa conjunto del Macizo Colombiano<sup>19</sup>; sin embargo es importante validar el proceso en otras áreas similares y apropiar las experiencias exitosas a nivel de política pública, para lo cual ya se dio el primer paso a través del proceso para la construcción del plan nacional de adaptación en donde los resultados generales del proyecto constituyen un insumo importante.

---

<sup>19</sup> Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano. El programa conjunto presentó como Objetivo general: Promover el manejo integrado de los ecosistemas para garantizar la provisión de bienes y servicios ambientales, incorporando consideraciones de adaptación al cambio climático





**COMPONENTE C**



## Componente C

### Diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del Caribe colombiano.

#### -INVEMAR - CORALINA-

Este componente estuvo a cargo del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR) y la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (CORALINA); y su objetivo principal fue el diseñar e implementar un Programa de Adaptación en las Áreas Insulares del Caribe Colombiano.

Como ha sido ampliamente documentado en las últimas décadas, las actividades asociadas al desarrollo de la humanidad están afectando directamente el ambiente en una escala global, alterando el equilibrio de ecosistemas terrestres y marinos e induciendo un deterioro generalizado (Hoegh-Guldberg, 1999; Wilkinson, 2008). En las áreas marinas, un mecanismo cada vez más importante para promover la protección de la diversidad biológica y sustentar los procesos ecológicos y los ecosistemas costeros, es la creación y administración efectiva de Áreas Marinas Protegidas (AMP) en las que se ha evidenciado ofrecen protección ambiental, educación y facilitan la realización de programas que benefician a las comunidades locales y contribuyen a un mejor manejo integrado (Chiappone, 2001).

El Cambio Climático Global se ha unido a la larga lista de factores ambientales que está limitando seriamente las metas de conservación de las AMP (CCSP, 2008). En ningún otro ecosistema los impactos del cambio climático se han reflejado tan dramáticamente como en los arrecifes coralinos, donde anomalías en el aumento de la temperatura superficial del agua han ocasionado eventos masivos de blanqueamiento que han afectado un amplio rango geográfico en los años siguientes (Wilkinson, 2008). Ante esta situación, en las AMP a nivel mundial se ha propuesto la creación de medidas de adaptación, que permitan cumplir las metas de conservación frente al cambio climático, convirtiéndose en la mejor herramienta de manejo para conservar los arrecifes coralinos.

Teniendo en cuenta la alta vulnerabilidad de Colombia ante los impactos potenciales del cambio climático, se ha hecho urgente la implementación y ajuste de estrategias de manejo en los programas nacionales de desarrollo, orientadas a mejorar la capacidad de adaptación de ecosistemas altamente sensibles a la variabilidad climática (INVEMAR, 2003; IDEAM, 2000). Se han logrado avances en los últimos años en el tema de conservación marina y costera en Colombia, entre los que se encuentran el análisis de vacíos de representatividad marina y costera y la identificación de un portafolio de sitios prioritarios de conservación sobre la plataforma

continental del Caribe y Pacífico colombiano, en el que se tuvo en cuenta los pronósticos de ascenso de nivel del mar realizados por el INVEMAR (2003) como insumo para el diseño de un Subsistema Nacional de AMPs para Colombia (Alonso et al., 2008; INVEMAR-UAESPNN-TNC, 2008).

Específicamente para ecosistemas coralinos, uno de los identificados como más vulnerables en el mundo y en Colombia, se ha evidenciado una reducción drástica de la cobertura de coral vivo, un creciente predominio de algas en los arrecifes y la mayor ocurrencia y severidad de enfermedades y de eventos masivos de blanqueamiento coralino, éstos últimos especialmente relacionados con el cambio climático global (Hughes, 1994; Díaz et al., 2000; Wilkinson, 2008). Ante este deterioro, se han implementado a nivel mundial numerosos programas de monitoreo alrededor del mundo, como: Reef-Check, AGGRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment), MBRS-SMP (Mesoamerican Barrier Reef System – Synoptic Monitoring Program) cada uno con protocolos y metodologías que varían dependiendo de las características y del tipo de información requerida para el manejo del área (Hill y Wilkinson, 2004).

Con el fin de realizar seguimiento a la afectación de los arrecifes coralinos y proveer recomendaciones para el manejo ecosistémico, Colombia dió inicio en el año 1998 al Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia SIMAC; este programa es coordinado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras INVEMAR y ha contado con la colaboración de entidades nacionales e internacionales durante su implementación y desarrollo. Actualmente el SIMAC monitorea los arrecifes coralinos en 11 áreas geográficas del Caribe colombiano.

Es de mencionar que esta región alberga cerca del 77% del total de las áreas de arrecifes coralinos en el país, las cuales se ubican especialmente en el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, las Islas de San Bernardo, Islas del Rosario-Barú, Isla Fuerte, así como de los bajos aledaños; bajo Tortugas, Santa Marta-Parque Tayrona y Urabá chocoano. Estos ecosistemas sufrieron en el año 2005 un evento de blanqueamiento masivo a causa de un aumento de la temperatura media mensual de entre 1.5 y 2.5°C; que afectó varias zonas con porcentajes de hasta 90% en diversos puntos de muestreo; es de aclarar que afortunadamente la mortalidad no fue alta.

En este aspecto la posible afectación en las áreas marinas y costeras relacionada con el aumento relativo del nivel medio del mar, la intrusión salina en los acuíferos, la pérdida de tierras por erosión costera; además del impacto sobre arrecifes coralinos, humedales, y ecosistemas marino costeros en general, permitió diseñar las acciones que fueron implementadas por el INVEMAR y que correspondieron a 2 medidas específicas; el establecimiento del sistema de observación de los océanos (GOOS) en el Caribe occidental basado en la instalación de estaciones de monitoreo físico y biológico

marino y el soporte a la implementación de un Área Marina Protegida en el área de Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte.

### Implementación de un sistema de monitoreo ambiental.

El Sistema de Observación Global de los Océanos para el Caribe sur occidental –GOOS fue concebido de manera tal que a través de la integración de información y herramientas de software para el tratamiento de datos meteorológicos y oceanográficos provenientes de diversas fuentes, se diera el apoyo requerido para el diseño e implementación de medidas piloto de adaptación que puedan ser elevadas a política frente al manejo de ecosistemas marino – costeros y que disminuya los impactos del cambio climático. Igualmente se definió la importancia de hacer pública y articular la información generada con el sistema de estaciones existentes en el Caribe y con entidades del nivel nacional.

En desarrollo de esta medida se instalaron 2 estaciones; una en Isla tesoro ubicada en inmediaciones del Parque Nacional Natural Nuestra Señora del Rosario

y San Bernardo, y la segunda en Johnny Cay. Estas se encuentran suministrando datos los cuales son almacenados y analizados en un Centro Administrador de Datos (CAD) que fue desarrollado igualmente por el proyecto. (Figura 31)

Cada estación automática brinda seguimiento a quince parámetros climáticos en tiempo “real” vía satélite con una temporalidad horaria. La parte terrestre sostiene sensores meteorológicos encargados de registrar velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad y temperatura del aire, presión atmosférica y precipitación. La porción sumergida está conformada por una sonda de nivel del mar tipo presión y una sonda multiparamétrica de calidad de agua, dando seguimiento a clorofila, conductividad, salinidad, oxígeno disuelto, pH, TSM, turbidez y nivel del mar. Las series son recopiladas en el lector de almacenamiento y son enviadas vía satélite cada hora al CAD, en donde son acopiados en el programa HydrasPro. Además de la información recibida en tiempo “real”, el GOOS del Caribe Occidental, involucra información histórica de línea base que permite realizar análisis y predicciones, relaciona documentos de interés, metadatos del proyecto y



Figura 31 Estación de Johnny Cay instalada en marco del proyecto



Figura 32. Ubicación estaciones meteoceanográficas INAP, Parque Regional Natural Johnny Cay (San Andrés islas) y en isla Tesoro en el Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo (Cartagena).

diferentes productos de información. (<http://www.inveamar.org.co/cambioclimatico>) (**Anexo 7**).

La implementación del Sistema de Observación Global de los Océanos para el Caribe sur occidental –GOOS, permitió la ampliación de la red de estaciones para el gran Caribe en el sector occidental, que carecía de las mismas; (**Figura 32**) igualmente a través de estas se han podido analizar entre otros aspectos comportamientos climáticos sinópticos a nivel regional y local, registrar condiciones propias del evento “La Niña”, registrar eventos extremos en áreas cercanas, como fue el paso del Huracán Tomas a 300 millas de la estación isla Tesoro (noviembre de 2010) y la presencia dos frentes fríos captados por los sensores de la estación de Johnny Cay (enero de 2010).

De esta forma, el país se ha fortalecido técnicamente frente al conocimiento en la instalación, operación y mantenimiento de este tipo de estaciones automáticas marinas; y a través de las instituciones nacionales vinculadas al proceso de operación de las mismas, se han generado las herramientas para documentación de procesos, control de calidad de los datos, realización de copias de seguridad y mantenimiento periódico. Sin

embargo; y dada la escasez de proveedores que manejan instrumental marino en el país, es evidente la necesidad de avanzar en el manejo de nuevas tecnologías y equipos que permitan disminuir la periodicidad en el mantenimiento de equipos ya que esta situación tiene un impacto directo en los costos de operación del sistema.

Dentro de los resultados obtenidos se destaca la identificación de algunos efectos del cambio climático sobre las comunidades coralinias, los cuales se abordaron a través del análisis del comportamiento de las variables atmosféricas sobre el ambiente marino. Estos resultados han sido un insumo primario para la definición de nuevas investigaciones que relacionan la ocurrencia de eventos climáticos con las condiciones ambientales de los arrecifes de coral.

La información producto de las estaciones automáticas ha permitido la visualización de algunos comportamientos del ambiente marino, mediante la observación directa de las condiciones cambiantes del tiempo atmosférico y la respuesta del mar frente a algunos eventos meteorológicos sinópticos en el Caribe colombiano. La observación de las tendencias de distintas variables para algunas décadas de información, ha podido dilucidar

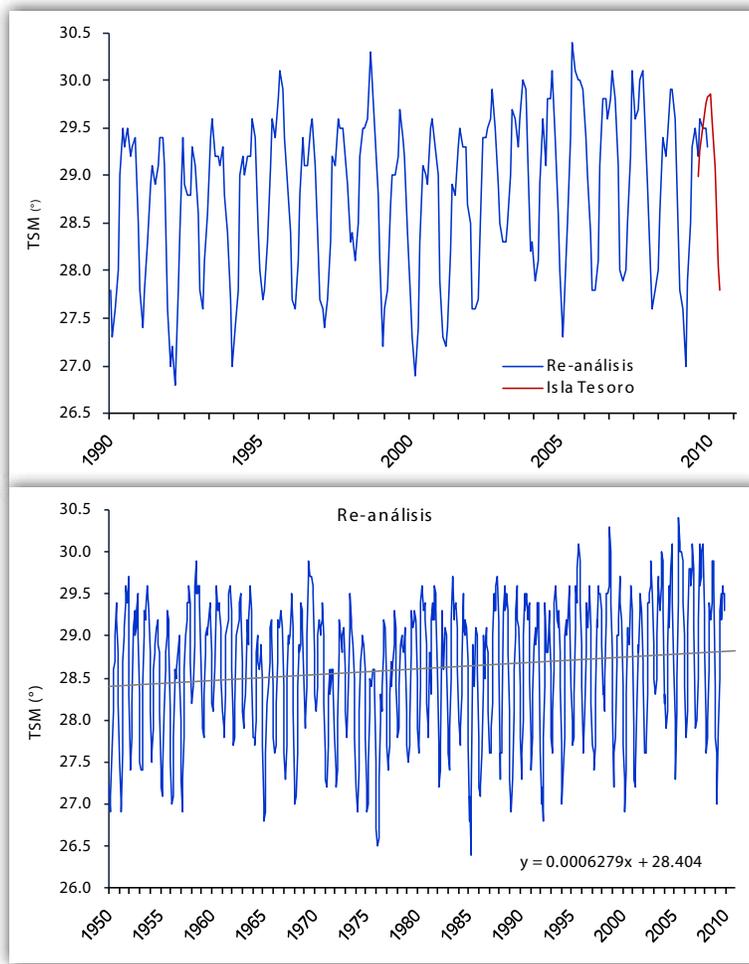


Figura 33. Análisis de datos históricos de temperatura superficial del mar provenientes del Re-análisis (NCEP-NCAR, 2010) de un área próxima a isla Tesoro (izquierda) con la tendencia para el periodo comprendido entre 1950 y 2009. Derecha, últimos 20 años Re-análisis (NCEP-NCAR, 2010) vs TSM de INAP.

cambios y/o la correlación entre algunos parámetros, con los que se pretende entender de forma general los comportamientos climáticos del área. Aunque para realizar un análisis de carácter climático con datos de la red INAP se requiere un periodo de tiempo más extenso, el proceso iniciado ha permitido el estudio de algunos parámetros (**Anexo 8 y Anexo 8 A**).

Durante los últimos 60 años, la temperatura superficial del mar- TSM (NCEP-NCAR, 2010) para un área próxima a isla Tesoro, sugiere una tendencia de aumento de  $0.006279^{\circ}\text{C}$ , indicando un incremento en las temperaturas del agua a largo plazo. Así mismo, la comparación de los últimos 20 años de datos de TSM de NCEP-NCAR (2010) vs. la TSM del proyecto INAP, demuestra que la serie de tiempo proveniente de la estación automática muestra una variabilidad anual de la misma naturaleza que la serie de largo plazo (**Figura 33**).

Por su parte la presión atmosférica se mantuvo entre 1002.4 y 1004.2hPa con una reducción gradual de  $-0.03565$  hPa según la línea de tendencia. La precipitación de 29 años mostró lluvias entre  $8.1\text{E-}5$  y  $16.4\text{E-}05$  kg/m<sup>2</sup>/s con una leve tendencia de aumento de  $0.5\text{E-}05$  mm/s y

la radiación global fue el parámetro con mayor tendencia de aumento ( $0.1119\text{ w/m}^2$ ) (**Tabla 1**) (NCEP-NCAR, 2010), señalando en conjunto con los parámetros ya descritos una posible tendencia hacia la desertificación del área insular del Caribe colombiano, sin embargo la continuidad en el análisis y series más extensas son indispensables para la aseveración de resultados sobre el cambio climático.

Con los análisis de datos INAP también fueron identificados ciertos comportamientos climáticos a corto plazo. Las variaciones estacionales para la ubicación de isla Tesoro para 2009 y 2010, mostraron para el primer año (entre junio y julio de 2009) el “veranillo de San Juan”, época caracterizada por nulas o escasas precipitaciones (Andrade y Barton, 2000; 2005; Curtis y Gamble, 2007), seguidas de fuertes lluvias que finalizan con la llegada de vientos (julio y noviembre). La precipitación correspondió de manera inversa y precisa con la salinidad, que fue mínima al final de época de lluvias. El pH, con un rango observado de  $\sim 0.2$ , respondió de la misma forma, bajando en la medida que aumentó la precipitación y volviendo a subir al final de ésta (**Figura 34**).

Variable	Unidad	N	Promedio	Desvest.	Mínimo	Máximo	Tendencia
Temperatura ambiente	°C	59	26.813	0.303	26.200	27.358	0.003882
TSM	°C	59	28.607	0.316	27.942	29.175	0.006279
Presión atmosférica	hPa	29	1003.5	0.499	1002.4	1004.2	-0.03565
Precipitación	mm/s	29	0.00012	0.000026	0.000081	0.000164	0.000005
Radiación solar	w/m2	29	465.34	1.76	461.52	468.3	0.1119

Tabla 1. Estadística básica para el análisis de datos históricos, información secundaria extraída de Re-análisis (NCEP-NCAR), para un área próxima a isla Tesoro y comparadas con los datos recibidos de la estación ubicada en el área.

Lo contrario se evidenció para 2010, donde las condiciones climáticas normales se vieron fuertemente influenciadas por presencia del evento “La Niña”. Para junio-julio 2010, un periodo normalmente caracterizado por escasas precipitaciones y altas salinidades, mostró abundantes lluvias. Entre julio y agosto aunque descendieron las precipitaciones, y la salinidad aumentó de forma equivalente, retornaron las fuertes lluvias de forma constante hasta el mes de noviembre, triplicando los valores reportados para el 2009. El comportamiento del pH se empezó a reducir con el aumento de la precipitación hacia el mes de septiembre (**Figura 34**).

Como se mencionó anteriormente el estudio riguroso de los datos provenientes de las estaciones, ha permitido identificar algunos eventos climáticos sinópticos. Es así como el paso del Huracán Thomas, fue registrado por la estación de Tesoro aunque el centro del huracán estuvo a unas 300 millas de distancia de la estación. Su presencia se hizo notable desde las 22 horas del 1 de noviembre hasta las 22 horas del 5 de noviembre 2010. La velocidad del viento aumentó aproximadamente 2,5 m/s, la presión atmosférica bajó casi 6hPa (de 1011,4 a 1005,5 hPa) y tuvo como respuesta un aumento en el nivel del mar de aproximadamente 14 cm (de 0,382 m a 0,522 m), entre los

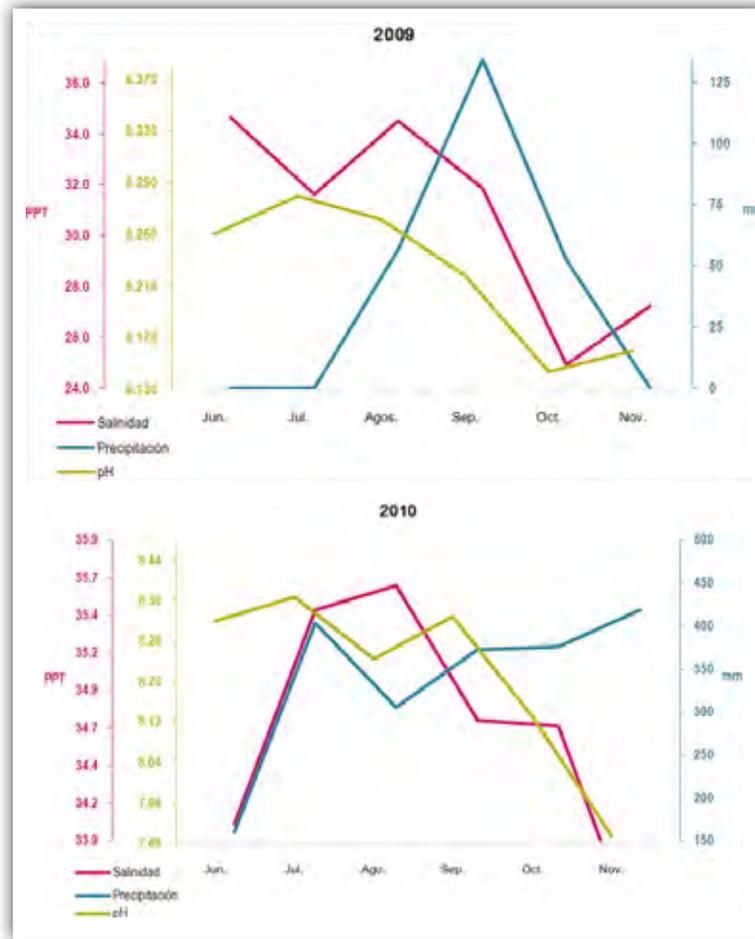


Figura 34. Variación de la velocidad de la salinidad, pH y precipitación mediante promedios mensuales para el segundo semestre de 2009 (Abajo) y 2010 (der) en la estación de isla Tesoro, Parque Nacional Natural Corales del Rosario y de San Bernardo.

días 4 y 5 del mismo mes. La dirección del viento también mostró particularidades que coinciden con el periodo del paso del huracán. La comparación de los parámetros observados se detalla en la **figura 35**.

Igualmente se estudiaron las oscilaciones naturales a través de análisis espectral de algunas series de datos de las estaciones automáticas INAP. Se utilizaron periodos de 90 días de series de tiempo con frecuencia de una hora, de los años 2009 y 2010, de presión atmosférica, humedad relativa, temperatura del aire, radiación solar, nivel del mar (NM), temperatura superficial del mar (TSM) y oxígeno disuelto (OD). Para

cada serie de tiempo se eliminaron valores atípicos y los espacios fueron interpolados (cuando la ventana no fue mayor de seis horas) utilizando un promedio aritmético de doce puntos alrededor del faltante. Una vez estandarizados los 90 días en las series de tiempo, se filtró la información por medio del método de media móvil con el fin de eliminar los picos de 12 y 24 horas. Se realizó la transformación Box-Cox por el cual se obtiene una serie sin ruido mediante la eliminación de autocorrelaciones y componentes determinantes.

Finalmente se determinaron los periodos en horas y días y la amplitud de cada frecuencia. Sobre el parámetro

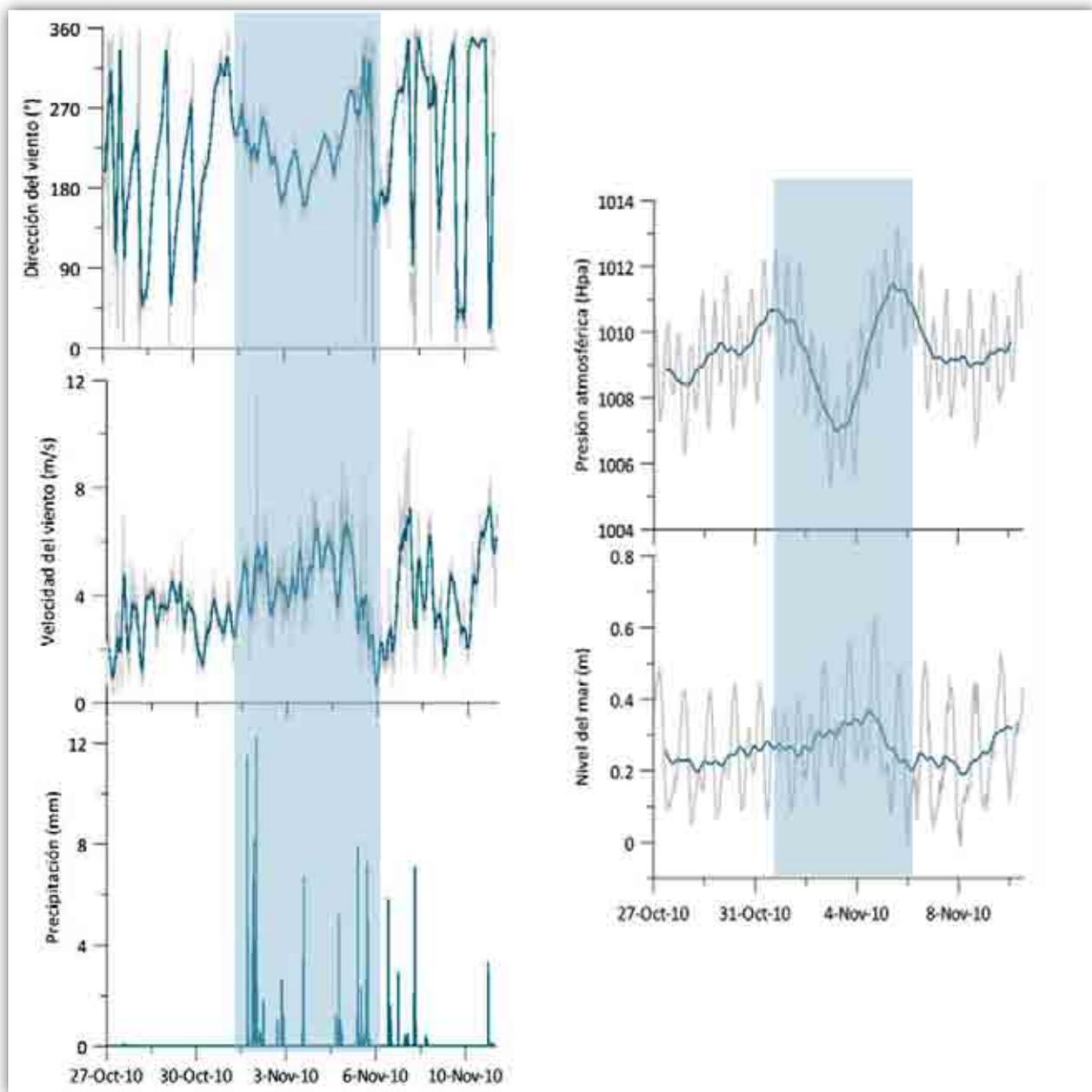


Figura 35. Comportamiento para diferentes parámetros en la estación de isla Tesoro, ante el paso del huracán Tomas en enero de 2010.

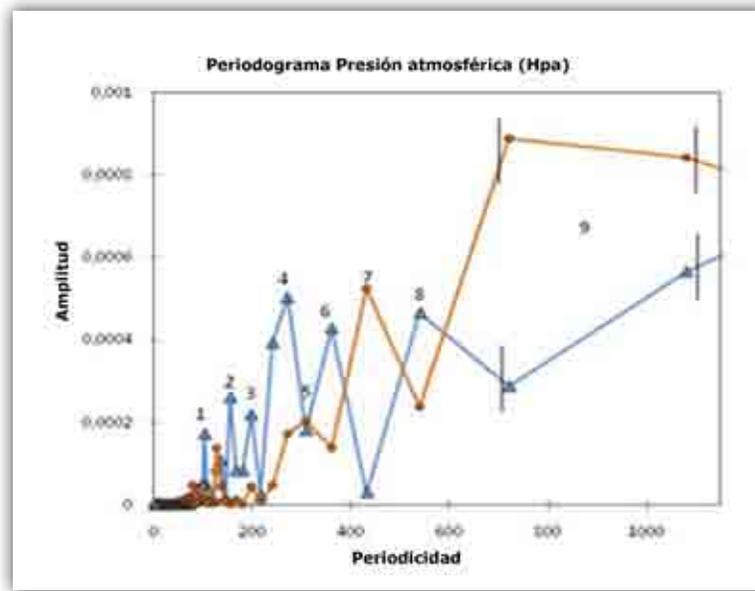


Figura 36 Periodograma de la presión atmosférica analizada para isla Tesoro

de presión atmosférica para la estación de isla Tesoro (**Figura 36**) se reflejan las oscilaciones principales, las ondas Russby gravitacionales planetarias que se distribuyen a lo largo del trópico en un periodo de 4 a 5 días, las ondas tropicales entre 7 a 8 días, las ondas del este con una periodicidad de 11 a 13 días y finalmente la banda de frecuencia de la oscilación Interestacional de Madden y Julian en un rango de 30 a 40 días de oscilación. En la **Tabla 2** se resumen los periodogramas realizados tanto para la presión atmosférica como para otros parámetros oceanográficos y meteorológicos

**Monitoreo de arrecifes coralinos (protocolo SIMAC / CARICOMP) en la AMP CRSBeIF:**

De otra parte y complementario a la instalación de estaciones de monitoreo meteorológico y oceanográfico,

se tuvieron estaciones de monitoreo biológico marino específicamente para el ecosistema coralino, por ser uno de los predominantes en las áreas insulares del Caribe colombiano y uno de los más sensibles a variaciones climáticas o impactos del cambio climático. Para esto, fue fundamental, darle continuidad y fortalecimiento en el marco del proyecto INAP al Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia -SIMAC en el Archipiélago del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte, permitiendo conocer con un mayor nivel de resolución la salud y dinámica del ecosistema coralino en el AMP-CRSBeIF, área que incluye el complejo coralino de mayor desarrollo geomorfológico y estructural del Caribe continental colombiano (Díaz et al., 2000). En esta área se han monitoreado 10 estaciones permanentes (3 de ellas instaladas durante el del proyecto INAP) distribuidas en San Bernardo (Mangle, Ceycen, Minalta y Tiosolda),

Estación	Parámetro	Periodo de picos (días)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Número de pico</b>									
Isla Tesoro	Presión atmosférica	4.3	6.4	8.2	11.3	12.9	15	18	22.5	30-45
	Radiación solar	3.6	5.6	4	9	12.9	15	22.5	30-45	
	Temperatura aire	4.1	5.6	7.5	9	11.3	12.9	15	22.5	45
	Humedad	4,7	5.3	7.5	9	15	30-45			
	TSM	8.2	7.5	15	22.5	3 0 - 45				
	NM	8	10	13	33	3 0 - 50				
	Oxígeno disuelto	3	4.5	9	15	3 0 - 45				

Tabla 2. Tiempos de oscilación en días para variables meteorológicas y oceanográficas de la estación de isla Tesoro. Descripción de los periodos resaltados en la Figura 4

islas del Rosario (Pavitos, Tesoro 1, Tesoro 2 y Rosario) e isla Fuerte (Fondo Loco y Los Boyones). En cada una de las estaciones se han evaluado cinco parámetros biológicos siguiendo la metodología establecida por el SIMAC (Garzón-Ferreira et al., 2002): cobertura de organismos sésiles, ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento en corales y abundancia de invertebrados vágiles, gorgonáceos y peces arrecifales (**Anexo 9**). Complementadas con el monitoreo de variables ambientales como temperatura e intensidad lumínica, con el uso de equipos especializados sumergidos permanentemente (**Figura 37**). La información generada por el monitoreo ha sido insumo para socialización con las comunidades locales, la toma de decisiones por parte de los administradores del área protegida y la implementación de estrategias de manejo orientadas a facilitar la adaptación del ecosistema coralino ante el cambio climático global.

Diferentes estudios en el AMP-CRSBeIF y los datos generados a partir del monitoreo SIMAC han permitido obtener una aproximación del estado actual de las formaciones coralinas del área. El deterioro evidenciado ha sido variable, y responde tanto a la magnitud y forma en que operan los procesos ecológicos y geológicos, así como, a los problemas ambientales que afectan el desarrollo coralino de cada complejo arrecifal. Es claro que la amplia oferta ambiental generada por los ecosistemas en el AMP, ha sido aprovechada en torno a una demanda social alcanzando un alto grado de complejidad por demandas ampliadas para abastecer

diferentes mercados desde los años 70. Este hecho se agudiza al considerar su proximidad al complejo industrial, portuario, turístico y urbano de la ciudad de Cartagena; lo que ha determinado fuertes relaciones funcionales que si bien han contribuido al crecimiento económico regional y nacional, también han causado impactos en los ecosistemas.

En el análisis de las condiciones ambientales históricas en el AMP-CRSBeIF, se identificaron cuatro problemas ambientales que han generado impactos en el mantenimiento de los arrecifes coralinos: anomalías térmicas, sobrepesca, degradación de la calidad del agua, turismo masivo y desarrollo costero (**Anexo 10**). Los cambios ocasionados por los problemas ambientales en el AMP constituyen un factor de riesgo cuando reducen la resiliencia del ecosistema y afectan la oferta ambiental y los bienes y servicios que constituyen la base del ingreso económico para la región. El programa SIMAC, con base en la evaluación de parámetros biológicos, se ha convertido en una herramienta fundamental para identificar algunos de estos cambios y determinar las zonas arrecifales más impactadas. En este contexto, se ha evidenciado un alto deterioro en las zonas someras de isla Mangle e isla Ceycén en el archipiélago de San Bernardo, así como, la zona de Pavitos en el archipiélago Nuestra Señora del Rosario (**Figura 38**).

Del mismo modo, se han encontrado zonas arrecifales donde los resultados han indicado una estabilidad en el sistema como en isla Tesoro y en algunas estaciones de profundidad intermedia de San Bernardo (Mangle y Tiosolda). Esta condición puede estar relacionada con una menor exposición de condiciones causantes de estrés coralino y/o una mayor capacidad del sistema para absorber/resistir/recuperarse de disturbios o adaptarse a cambios mientras continua con sus funciones esenciales, mejor conocida como “resiliencia del ecosistema”.

Toda la información generada fue publicada en los boletines informativos de cambio climático, y notas científicas en el portal de cambio climático y en la página del INVEMAR; en ellos se presentan entre otros los análisis de la información generada como es el tema de los parámetros precipitación, salinidad y pH en la estación Isla Tesoro, los efectos del huracán Tomas en el nivel del mar, la “Respuesta del ambiente marino a algunos eventos meteorológicos

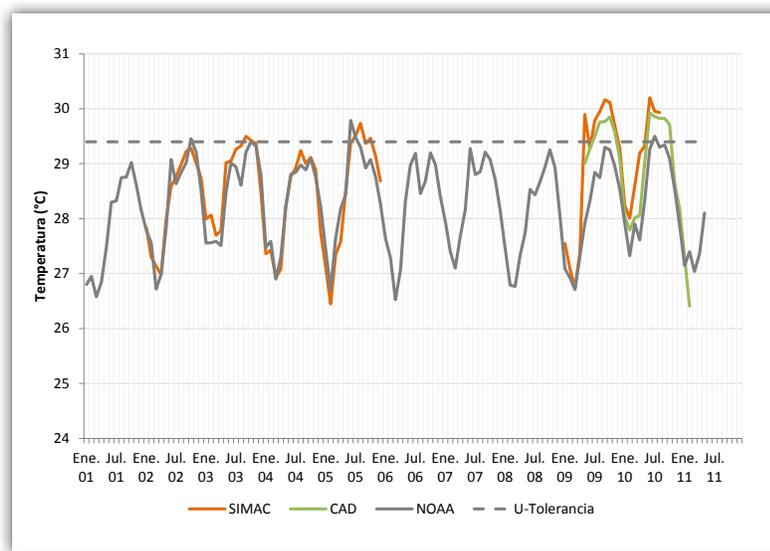


Figura 37. Variación de la temperatura mensual del agua superficial en el AMP-CRSBeIF, durante el periodo 2001-2011 registrada por el SIMAC (HOBOS), la estación mete-oceanográfica (INAP CAD) y Coral Reef Watch (NOAA). U-Tolerancia: umbral de tolerancia de los corales.

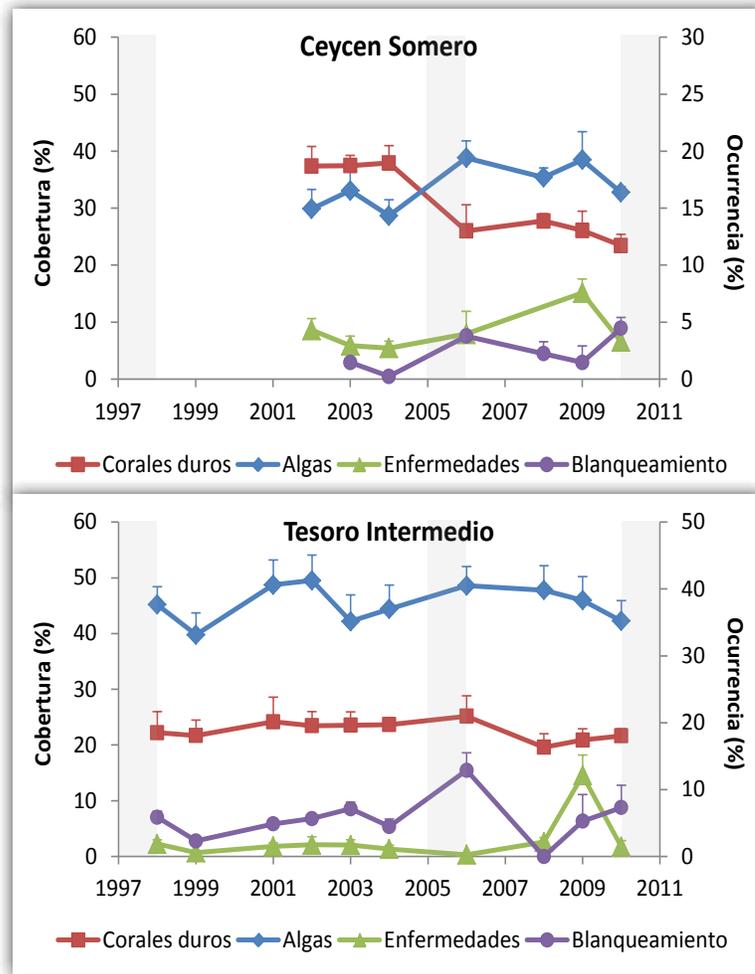


Figura 38. Dinámica de la cobertura de corales y algas y la ocurrencia de enfermedades y blanqueamiento coralino en la estación Ceycen (nivel somero), donde se observa deterioro; y en la estación Tesoro (nivel intermedio), en la que se observa relativa estabilidad. Los indicadores corresponden al promedio y error estándar. Las barras grises corresponden a los complejos de blanqueamiento coralino ocurridos en el AMP-CRSBeIF

sinópticos medidos sobre los arrecifes de San Andrés y de las islas del Rosario, Caribe colombiano” y se realizó una comparación de los datos obtenidos de las bases de datos Re-análisis con las generadas por el INAP.

De otra parte el proyecto INAP reconoció la necesidad de formular e implementar planes integrales de manejo que promovieran la capacidad de adaptación de ecosistemas altamente sensibles al cambio climático; en este sentido los lineamientos de manejo de arrecifes coralinos en el AMP-CRSBeIF correspondieron a una serie de acciones propuestas, producto de un diagnóstico ambiental detallado, orientadas a prevenir, mitigar, corregir, compensar o adaptarse a los efectos ambientales negativos que genera el cambio climático sobre los arrecifes coralinos (**Anexo 11**). De esta manera, se fundamentó un plan de conservación que a mediano y largo plazo promoviera la funcionalidad del ecosistema y permita mantener los bienes y servicios derivados.

A partir de un enfoque de “manejo adaptativo” que involucra la toma de decisiones flexibles y ajustables,

se identificaron tres líneas de acción prioritarias: 1) protección de áreas aparentemente resistentes y potencialmente resilientes; 2) disminución de agentes causantes de estrés en el ecosistema coralino; 3) implementación de una red de zonas prioritarias de conservación. Estas líneas se acompañaron de un instrumento de planificación que permitirá evaluar y ajustar continuamente las acciones de manejo implementadas. Éste último involucra el fortalecimiento de la gobernabilidad, la educación y participación, y el monitoreo y la generación de conocimiento. (**Figura 39**).

### Demarcación y gestión de Áreas Marinas Protegidas

Teniendo en cuenta que cerca del 16% de los arrecifes de coral del mundo están afectados por el cambio climático global, se hace imprescindible que la gestión actual y tradicional de los valiosos entornos marinos tenga en cuenta las potenciales amenazas a gran escala

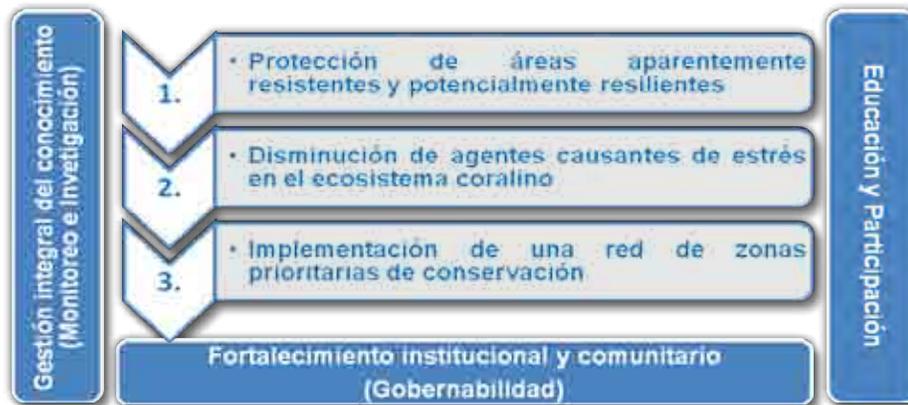


Figura 39. Esquema general de las líneas de acción e instrumento de planificación para el manejo de arrecifes coralinos en el contexto de cambio climático, identificados en los lineamientos de manejo de arrecifes coralinos en el AMP-CRSBeIF (Anexo 6).

que representa este fenómeno, en este sentido una de las herramientas importantes para hacer frente a esta problemática es la creación de áreas marinas protegidas; si bien su declaratoria per se no tiene impacto directo para detener el estrés que provocan una mayor temperatura y radiación, es posible que pueda mejorar la resistencia y la resiliencia de los hábitats marinos protegiéndolos de otras fuentes de estrés como la extracción indiscriminada de especies marinas entre otras.

Las Áreas Marinas Protegidas (AMP's) son un instrumento planificador de los recursos marinos y costeros, para lo cual el proyecto definió como una de las medidas de manejo frente al cambio climático, la urgencia en la demarcación y gestión de áreas marinas protegidas en el Caribe Colombiano. De esta forma, CORALINA e INVEMAR adelantaron la delimitación en 2 sectores específicos: el primero en la zona de Corales del Rosario, San Bernardo e Isla del Fuerte, a cargo de INVEMAR, y el segundo en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, al interior de la reserva de la biósfera SEAFLOWER.

Para el área a cargo de INVEMAR se realizó la demarcación de una Zona intangible o "No Take", que corresponde a un área donde no se permite ningún tipo de extracción de recursos marinos (**Anexo 12**). Esta se ubica en un área contigua a isla Rosario, al suroeste del archipiélago Nuestra Señora del Rosario, la cual cumplía con las características idóneas para establecer medidas especiales de protección como la planteada y consolidar a su vez las medidas de manejo ya existentes.

La demarcación de un área de conservación estricta de ecosistema coralino fue realizada mediante la delimitación física del área de no-extracción de acuerdo a ocho (8) puntos geográficos que abarcan la complejidad del fondo marino, hasta el beril de los treinta (30) metros de profundidad, e instalando el sistema de señalización en los límites y localización del área de no-extracción (**Figura 40**).

En el caso de CORALINA la actividad incluyó un plan de demarcación de áreas No Entry y No Take,

cuyos objetivos son la protección de la biodiversidad, comunidades marinas y procesos ecológicos más representativos y de ecosistemas que sean vitales para su desarrollo sostenible. Como resultado de este proceso se demarcaron las zonas NO ENTRY y NO TAKE para el Sector Sur, correspondientes a San Andrés y Cayo Bolívar y la zona centro que corresponde a Providencia y Santa Catalina. También se colocaron anclajes para demarcar 7 zonas de uso especial en San Andrés, 2 zonas de uso especial, en Providencia y Santa Catalina.

En resumen, y para el caso de CORALINA, se demarcaron en el Sector Sur, una zona NO TAKE, y cuatro zonas NO ENTRY; en Cayo Bolívar una zona NO TAKE; en el Sector Centro (Providencia y Santa Catalina), tres zonas NO TAKE y una zona NO ENTRY (**Figura 41. Anexo 13**). La demarcación de estas áreas estuvo acompañada de actividades de divulgación y concientización con actores locales a fin de garantizar la sostenibilidad de las mismas.

Adicionalmente, INVEMAR formuló un plan de investigaciones de arrecifes coralinos que busca orientar el rumbo de las investigaciones necesarias para mejorar el entendimiento de los procesos ecológicos derivados de la variabilidad climática y mantener la funcionalidad de los arrecifes coralinos ante los tensores actuales y futuros (**Anexo 14**). Su desarrollo se clasificó en tres programas básicos de investigación, cada uno de ellos con un objetivo general y áreas de profundización que abarcan una serie de proyectos: (1) respuestas de los arrecifes coralinos a tensores ligados al cambio climático global; (2) protección y aprovechamiento sostenible del ecosistema y sus recursos naturales; (3) planificación institucional y comunitaria.

Entender la respuesta de los corales al aumento de la temperatura e intensidad lumínica es fundamental para anticiparse al futuro de los arrecifes coralinos frente al cambio climático. En este contexto, se formuló y ejecutó la investigación sobre tolerancia de corales al incremento de la temperatura y la intensidad lumínica (**Anexo 15**). Éste estudio permitió obtener una aproximación a los procesos fisiológicos que ocurren en los corales del AMP-CRSBeIF ante estas dos

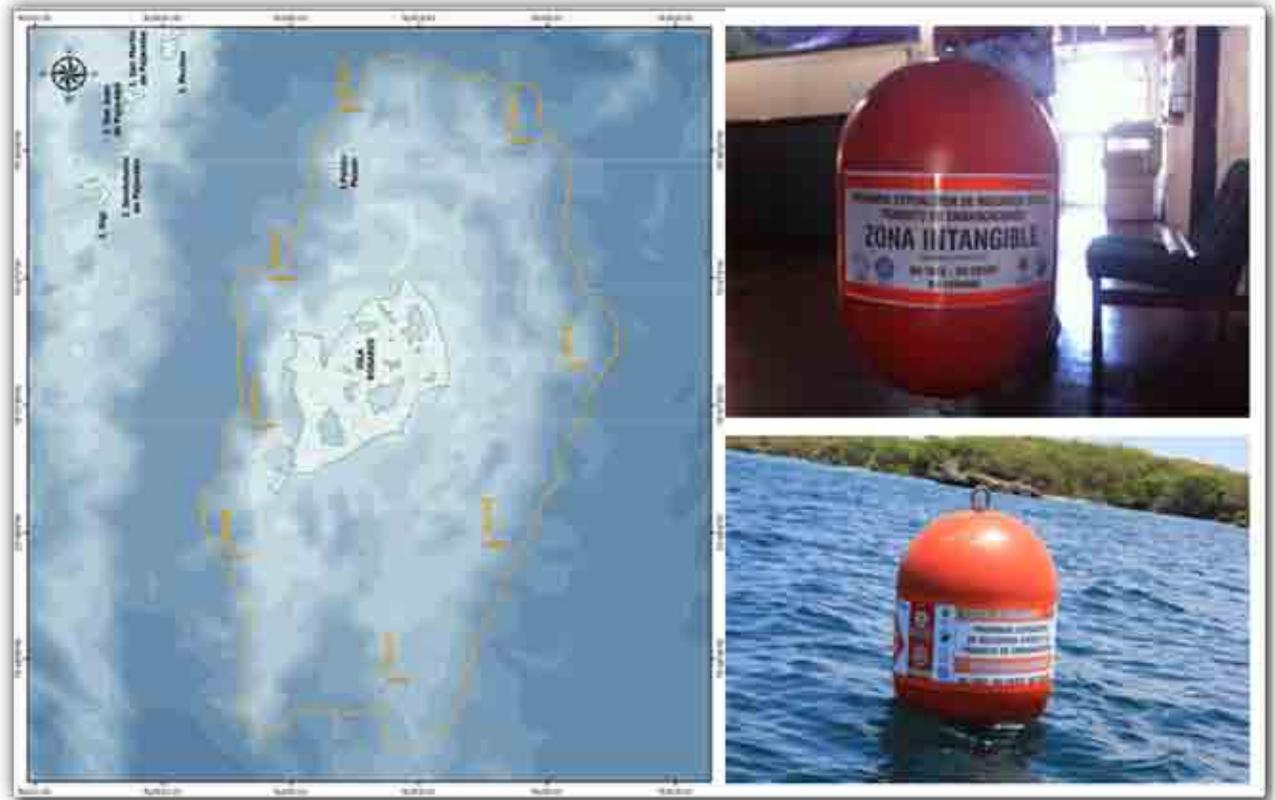


Figura 40. Área intangible demarcada en isla Rosario y boyas de demarcación utilizadas

variables, las cuales están íntimamente relacionadas con el estado de salud de los arrecifes coralinos y pueden ser afectadas por el cambio climático global. Se realizó el experimento con especies representativas de las formaciones coralinas del área, que presentan diferentes estrategias de vida. A partir de la experimentación, se evidenció que el coral hojas de lechuga *Agaricia tenuifolia* presentó una mayor vulnerabilidad a cualquier variación de las condiciones ambientales naturales; mientras que el coral estrella *Montastraea annularis* es más resistente y presentó mayor capacidad adaptativa. Igualmente, la evidencia sugirió que el grado de afectación por blanqueamiento y otros signos de deterioro es función de la presión simultánea de niveles elevados de temperatura e intensidad lumínica (**Figura 42**)

Asimismo, a partir de las necesidades y los vacíos de información, en ejercicios pasados se identificó la necesidad de abordar el criterio de conectividad marina en los programas de investigación, dada su importancia en la identificación de zonas resilientes y en el diseño de AMP. El término conectividad marina hace referencia al intercambio de individuos separados geográficamente entre las sub-poblaciones que conforman una metapoblación. Por esta razón, tomando como punto de partida el AMP-CRSBeIF, se ha iniciado un proyecto de investigación que a largo plazo busca entender la conectividad entre zonas arrecifales de todo el Caribe colombiano, usando como indicadores la estructura

genética y flujo génico entre las poblaciones de un coral formador de arrecife; con miras a la identificación de arrecifes resilientes como estrategia de adaptación al cambio climático en las AMP (**Anexo 16**).

Los avances presentados en el marco del proyecto, han hecho parte de un proceso fundamental y necesario para el análisis de datos moleculares, así como, una iniciativa que permitirá entender la dinámica de dispersión de poblaciones arrecifales en Colombia y su aplicación en la conservación de ecosistemas marinos; igualmente los resultados de esta investigación fueron publicados en el portal de Cambio Climático y página electrónica del INVEMAR en los documentos Monitoreo SIMAC año 2010: siguiendo la dinámica de los arrecifes coralinos en los mares colombianos; Resultados del taller sobre Monitoreo de arrecifes coralinos en Áreas Marinas Protegidas; resultados del primer curso sobre genética de poblaciones y los resúmenes: “Instrumentos para la formulación e implementación de medidas de adaptación de arrecifes coralinos ante el Cambio Climático en el AMP-Corales del Rosario, San Bernardo e Isla Fuerte, Caribe colombiano” y “Dinámica de arrecifes coralinos de dos niveles de profundidad en Áreas Marinas Protegidas el Caribe colombiano: San Andrés, Tayrona, Rosario y San Bernardo”. Estos dos últimos documentos hacen parte de los resultados directos de la implementación de las medidas de adaptación del INAP.

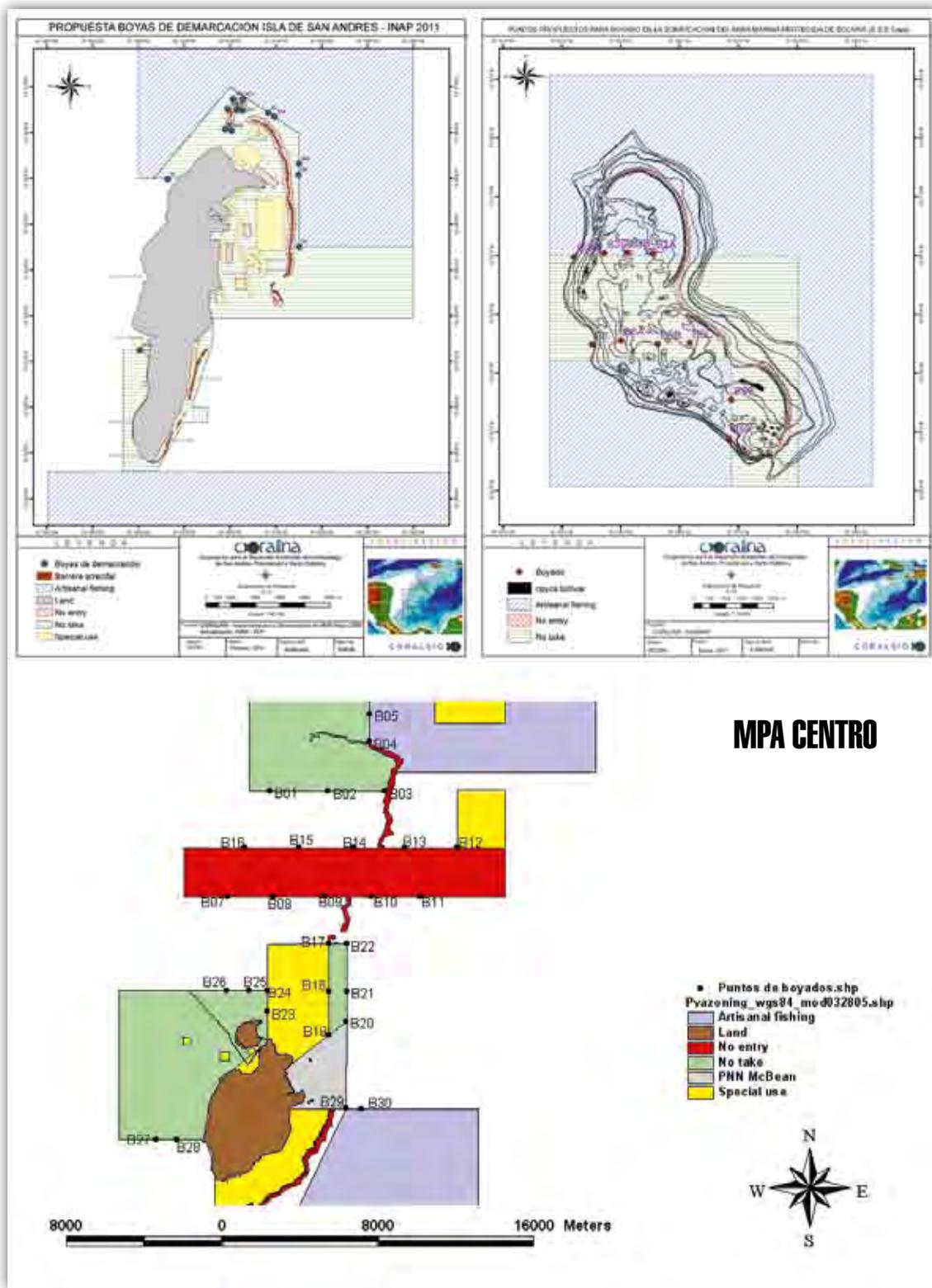


Figura 41. Zonas de demarcación San Andrés, Cayo Bolívar y providencia

	Semana 3 (Sep 14-20)	Semana 4 (Sep 21-27)	Semana 5 (Sep 28-Oct 1)	#Colonias alteradas por Tratamientos
T1				
	Todas las colonia sanas	<b>2 colonias</b> (palidecimiento)	Perturbación en el sistema, todas las colonias afectadas	<b>2</b>

Figura 42. Cronología del comportamiento de las colonias en un tratamiento experimental, indicando la cantidad de colonias afectadas y los tipos de alteración fisiológica registrados entre las semanas 3 y 5. Se reporta la cantidad acumulada de colonias que mostraron alteraciones

### Manejo Integrado del recurso hídrico y Manejo integrado costero

El Cambio Climático Global, y en particular el ascenso del nivel del mar, podrán tener un impacto directo sobre la disponibilidad hídrica en la Isla de San Andrés tanto en la calidad como en la cantidad del agua subterránea, afectando los servicios de suministro de agua potable y saneamiento básico de la isla. Datos generados por IPCC (2007) estiman un ascenso del nivel medio del mar a nivel global entre 15 a 59 cm mayor al de la última década de este siglo; este incremento tendría efectos directos sobre las fuentes superficiales y subterráneas. Bajo este escenario, la intrusión salina conllevaría a disminución en la capacidad de almacenamiento de agua dulce del acuífero que abastece a la isla de San Andrés, lo cual impactaría de manera negativa el ya de por sí limitado abastecimiento de agua para la población.

Según el IDEAM, otro de los efectos del CCG sobre el archipiélago de San Andrés-Providencia y Santa Catalina podría ser un incremento en las precipitaciones del 15% para el año 2050 y 20% para el año 2080, lo que afectaría la escorrentía superficial y posiblemente, de no tomarse medidas en el corto plazo, haría colapsar el sistema de alcantarillado y traería serios problemas de saneamiento.

En este sentido y teniendo en cuenta las condiciones particulares de la isla de San Andrés, se ha venido trabajando conjuntamente con las comunidades locales en el diseño y construcción de herramientas de gestión y manejo adecuadas que se ajusten a las condiciones locales, y que permitan regular el uso y aprovechamiento de los recursos limitados con que se cuenta. Igualmente se considera importante que la población local sea consciente de la necesidad de implementar medidas de adaptación para hacer frente a los potenciales efectos del cambio climático.

### Mejoramiento de los sistemas de recolección de agua y tratamiento de vertimientos

Una de las estrategias de adaptación al cambio climático, es implementar acciones dirigidas al manejo integral de agua (lluvia y residual), para lo cual se desarrollaron proyectos pilotos en sectores marginales de la isla de San Andrés en donde los problemas en el abastecimiento y manejo de agua son una constante. El proyecto contempló el desarrollo de obras para la captación y almacenamiento de aguas lluvias, como una alternativa para disminuir la presión sobre las aguas subterráneas y contar con una fuente alterna. Adicionalmente, se incluyó el manejo de las aguas residuales a fin de reducir riesgos de contaminación del recurso hídrico (marino y subterráneo) y el suelo (**Anexo 17**). Se preseleccionaron 11 sectores potenciales en el archipiélago, escogiendo finalmente tres (3); Ciudad Paraíso, Tom Hooker y Schooner Bigth, en donde se adelantó la construcción de lo que se denominó “Sistemas Integrados de Manejo de Agua” (SMIA). Estos sistemas beneficiaron a cerca de 228 personas de 48 familias en los tres sectores.

Las obras de infraestructura ejecutadas incluyen canales y bajantes para captación de aguas lluvias cisternas de almacenamiento y tubería para conducción y distribución, para el manejo de aguas residuales se construyó una red de alcantarillado simplificado que canaliza las aguas residuales producidas por las actividades domésticas y que posteriormente pasan por un sistema de tratamiento primario que incluye sedimentador, digestor, filtro anaerobio y sistema de infiltración. (**Figura 43**).

Adicionalmente, para garantizar la calidad del agua lluvia para consumo en los tres sectores, se entregó a cada familia un filtro casero cuya función es la separación de partículas en suspensión y microorganismos perjudiciales que pueda contener el agua.

A fin de permitir el buen funcionamiento y sostenibilidad de los sistemas, se implementaron conjuntamente con las comunidades beneficiadas, procesos de capacitación en el manejo, mantenimiento y monitoreo de los mismos



Figura 43. Obras de construcción del SMIA

y se diseñaron manuales específicos. Se adelantó un monitoreo de funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas lluvias, el cual evidenció buenos porcentajes de remoción de carga contaminante y por tanto la posibilidad de utilización para consumo doméstico. Para capitalizar esta situación, se reforzaron los sistemas mediante la instalación de filtros en las viviendas lo que permitió la utilización del recurso para consumo, aspecto que aporta un valor agregado mayor, si se tienen en cuenta los problemas de abastecimiento de agua potable que tiene la isla, especialmente en áreas marginales.

Se destaca que la implementación de los SMIA motivó un cambio conceptual en la administración de gobierno local sobre los modelos de infraestructura de saneamiento básico que pone de presente que no se requiere de tecnología de punta para resolver necesidades básicas de las comunidades, sino retomar conocimientos ancestrales con buenas prácticas ambientales y combinarlos con conocimientos técnicos modernos para generar soluciones de bajo costo, simples y al alcance de grupos menos favorecidos y vulnerables de la población; de otra parte se puede afirmar que con la implementación de estos sistemas se presenta una disminución en el costo del agua para los pobladores; una estimación preliminar indica que los costos evitados por concepto de consumo de agua para cada habitante son cercanos a \$266.400 pesos por año. Esta experiencia ha generado un impacto positivo hasta el punto que comunidades de otros sectores de la isla y del país, vienen solicitando la construcción de este tipo de sistemas.

### Desarrollo de un sistema de gestión para el manejo sostenible de las reservas de aguas subterráneas en la isla de San Andrés.

Se adelantó un estudio tendiente a mejorar el monitoreo y operación en el manejo de la reserva de agua (acuífero) en la isla de San Andrés. En desarrollo del mismo se realizó la modelación del acuífero de la isla que incluyó el análisis de información geológica, geomorfológica, hidrológica, hidrogeológica, hidrogeoquímica y socioeconómica (oferta y demanda de agua). Se generó el modelo de intrusión salina y la determinación de los tipos de agua con que

cuenta el acuífero. De otra parte y a fin de determinar los efectos de la intrusión salina por ascenso del nivel del mar en el lente de agua dulce del acuífero de la Isla de San Andrés y su impacto sobre la disponibilidad de agua para la población, se implementó una red con 9 piezómetros en los sectores del borde costero oriental, suroccidental y norte de la Isla, con lo cual se amplió la cobertura de la red de piezométrica existente en 39%. (Figura 44).

Con los datos obtenidos se proyectaron diferentes escenarios de recarga, aumento del nivel del mar y extracción, para traducirlos en un modelo de diferencias finitas (SEAWAT 2000) que permitió simular el flujo de aguas subterráneas y estimar la respuesta total del acuífero para cada caso. Los resultados son insumo importante para tomar medidas que garanticen la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

Se realizó la estimación de recarga bajo diferentes métodos para la zona de estudio (Cove), análisis de las pruebas de bombeo ejecutadas en el campo de pozos del Cove bajo teorías que se ajustaran a las características cársticas y de predominio de permeabilidad secundaria, denominada "Doble Porosidad". Finalmente, se definió el modelo conceptual del acuífero insular y se tradujo en un modelo numérico bajo la interfase VisualModflow 2009.1 Premium. Posteriormente se realizó la calibración del modelo en estado transitorio y después de un análisis exhaustivo de la información disponible se definió la utilización de los datos del período 2007-2008 en los pozos activos 3, 4, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 15, 15A, 23, 25, 27. Esta información fue complementada con los datos de la red de piezometría.

Los resultados del estudio del acuífero muestran entre otros aspectos, que la época de recarga corresponde a los meses de agosto y mayo presentando cuatro períodos de estrés relacionados con temporadas secas y húmedas, el acuífero comienza a recargarse en el mes de Junio alcanzando los máximos niveles en Diciembre, posteriormente comienzan a disminuir a partir de Enero hasta Mayo, en donde se repite el ciclo.

En cuanto a las estimaciones de futuros valores en la recarga debido a un efecto de Cambio Climático en el acuífero de la isla de San Andrés, estas fueron evaluadas con variación en los parámetros precipitación

CODIGO	NOMBRE	PROPIETARIO	LOCALIZACION
P I 21	P CORALINA	CORALINA	Vía a San Luis los Corales (Esquina nor-occidental)
P I 22	Proactiva (Estación de bombeo 2)	GOBERNACION	Sarie Bay – pescadero
P I 19	Cajasai centro recreacional	CHARLES CORPUS CARREÑO	Vía a San Luis-Rocky Cay (esquina sur occidental)
P I 24	Universidad Cristiana	OACKLEY FORBES	Universidad Cristiana Entrada principal
P I 29	Hotel Sunset	ROGER MADERO	Av. Circunvalar – Cove
P I 26	Cementerio San Luis	GOBERNACION	Sound Bay
P I 28	Escuela Maria Auxiliadora	GOBERNACION	Av. Circunvalar
P I 27	Colegio Antonia Santos El Rancho	GOBERNACION	Vía a San Luis
P I 20	Edificio Bay Point (opcional)	MARIA CRISTINA CHICA	Punta Hansa



Figura 44 Piezómetros instalados y su ubicación.

(con porcentajes entre -35% y +35% respecto al promedio actual) y temperatura (con aumentos entre 1 y 5° C respecto a la situación promedio actual), teniendo presente que este último influye directamente en la estimación de la Evapotranspiración Potencial.

En cuanto al análisis de la demanda del recurso se puede afirmar que se presenta alta sensibilidad del sistema al Índice de Agua No Contabilizada (IANC). De necesitarse una fuente alterna de abastecimiento la opción más favorable es la desalinización de agua, proceso que debe adelantar principalmente el sector hotelero dejando el agua del Cove para uso de la población nativa. (**Anexo 18**).

El modelo de simulación del acuífero de la isla de San Andrés, permitió evaluar el posible impacto de diferentes estrategias de gestión (a modo de escenarios), analizando los condicionantes externos de Cambio Climático (que implica un aumento del nivel del mar y variación en las tasas de recarga), en conjunto con la explotación del acuífero. El desarrollo de este modelo ha sido una herramienta importante para la toma de decisiones frente al manejo del recurso. Es así como a partir de los resultados obtenidos, CORALINA, realizó una evaluación y ajuste del Plan de Manejo de Aguas subterráneas (PMAS) que permitió estructurar una propuesta para la implementación de programas, procedimientos, seguimiento y control.

### Establecimiento de una guía e implementación de acciones de manejo para recursos marinos y costeros en cayos y bancos remotos

Otra de las actividades fue la implementación de acciones de manejo para cayos y bancos remotos, para lo cual se realizó la formulación participativa del plan de manejo de Cayo Bolívar y Cayo Albuquerque. Cayo Bolívar es un área con una estructura dura, compuesta por coral y coral muerto, representa en su conjunto más de la mitad de la cobertura de los fondos bénticos. La presencia de estructura es vital para el desarrollo de una comunidad diversa y productiva de peces y otros organismos asociados.. Desafortunadamente con las claras indicaciones de sobre-pesca, las dificultades de control y vigilancia en la zona y la carencia de regulaciones pesqueras específicas para peces y pescadores artesanales, hacen que de no tomarse acciones de control y manejo se podrían generar afectaciones irreversibles a los ecosistemas allí presentes.

Ante esta situación se propuso una alternativa de manejo participativo orientada al ecosistema, modelo que ha demostrado importantes resultados en los últimos años e implica ampliar la visión del manejo tradicional dirigido a especies particulares, para integrar la complejidad de todos los factores que afectan el entorno a éstas especies y a otras no consideradas que hacen parte de un ecosistema. El plan de manejo para esta área presenta cinco líneas de acción que responden a las necesidades

prioritarias del manejo ecosistémico e identifica nueve objetivos principales, 30 metas y 65 puntos de referencia a alcanzar (**Anexo 19**).

El complejo arrecifal de South Southwest o Albuquerque, es el atolón más meridional de la Reserva de Biósfera Seaflower, localizado a unas 25 millas náuticas de la isla de San Andrés. Es el único atolón que tiene forma circular, con un diámetro de 8 km (Díaz et al., 1996). En su interior se encuentran ambiente marinos claramente identificados compuestos de una barrera arrecifal, una laguna arrecifal, parches de coral dispersos, plataformas y taludes protegidas y ante-arrecife expuesto (Díaz et al, 2000). Presenta dos cayos vegetados, uno habitado por infantes de marina y otro visitado activamente por pescadores artesanales. Una gran extensión de los fondos de este atolón están dominados por arenas bioturbadas, arena, macroalgas y escombros; todos ellos óptimos para el desarrollo de las poblaciones del caracol pala (*Strombus gigas*). Para esta área se implementaron diferentes actividades a fin de elaborar el diagnóstico de los ecosistemas presentes en el complejo arrecifal SSW – Cayo Albuquerque y formular de manera Participativa del Plan de Manejo Ambiental del mismo.

De forma complementaria se llevó a cabo la evaluación sobre la Implementación del plan de manejo AMP Seaflower. Esta reserva fue reconocida por UNESCO como Reserva de Biosfera (RB) y declarada como el Área Marina Protegida (AMP) en el año 2005. Cuenta con 65.000 km<sup>2</sup> y su plan de manejo fue formulado de manera participativa con actores locales. El documento de plan de manejo determinó que uno de los mayores retos para su implementación era la falta de financiación segura, de un capital humano fijo, y una historia departamental de gobiernos pobres e instituciones débiles; situación que generó una situación en la cual las instituciones no trabajan de manera sincronizada generando debilidades en la gobernabilidad y por ende en la gestión. Como resultado de este proceso de evaluación, se estableció que la implementación del plan de manejo del AMP Seaflower se encuentra entre un 25 y 35%. Dos evaluaciones preliminares realizadas mediante el método desarrollado por el Banco Mundial – Fondo Mundial Ambiental y conocido como la “tarjeta de calificación para determinar el avance de los logros de la efectividad del manejo”, determinó como resultado final un 30% en implementación.

### **Diseño e implementación de estrategias de control y vigilancia participativos para prevenir el deterioro de los ecosistemas marinos en AMP.**

Otra de las medidas implementadas en busca de prevenir el deterioro de los ecosistemas marinos en el AMP SEAFLOWER la constituyó el esquema de Control y Vigilancia participativa. En este sentido y teniendo en cuenta que el área marina protegida (AMP) Seaflower está integrada por tres secciones: una de mayor extensión

localizada al norte (37.522 km<sup>2</sup>) que incluye los atolones de Quitasueño, Serrana y Roncador además de múltiples bancos profundos que no alcanzan a emerger; una sección central (12.716 km<sup>2</sup>) que incluye el atolón de Old Providence y Santa Catalina y el Julio bank y otra sección en la parte sur (14.780 km<sup>2</sup>) que incluye los atolones de San Andrés, East-South-East o Bolívar y South-South-West o Albuquerque y otros bancos como Far, Martínez y Meridiano 82, y que si bien las secciones comparten ambientes similares dominados por corales, aguas transparentes y de características oceánicas, cada una mantiene así mismo sus particularidades y dinámicas, se hace necesario generar acciones de manejo particulares para cada sección.

Para tal fin se tuvo en consideración que solo 3 islas localizadas en las secciones central y sur se encuentran habitadas, que los bancos objeto de la mayor explotación pesquera se localizan especialmente en la sección norte o en los extremos más distantes de la secciones centro y sur y teniendo en cuenta otras consideraciones de tipo límite se definió la necesidad de controlar áreas distantes que requerirían una infraestructura y presupuestos significativos. En este último aspecto es importante recordar que parte de las acciones de control y vigilancia están directamente influenciadas por las decisiones políticas, y el diferendo límite que persiste con Nicaragua respecto a los límites marinos y submarinos.

Con este marco de referencia se elaboró un esquema participativo que pretende orientar el desarrollo de políticas y acciones para superar los retos que en asuntos de control y vigilancia se presentan al interior del AMP Seaflower. El esquema está enmarcado en el manejo ecosistémico de modo que es compatible con otros planes de acción en elaboración o en ejecución. El documento propone cinco líneas generales de trabajo; fomento del co-manejo, manejo participativo y coordinación inter-institucional, reconocimiento de la biodiversidad, reducción de las actividades ilegales y mejoramiento de la comunicación y educación (**Anexo 20**)

El esquema empezó a ser implementado en un sector piloto de San Andrés en Little Reef mediante recorridos costeros diarios, dos recorridos semanales en el mar junto con Guarda Costas y charlas de sensibilización con la comunidad (pescadores y otros usuarios como turistas, careteadores, Jet Ski). Estas acciones De igual forma se realizan recorridos de control y vigilancia en el Sector Centro (Providencia y Santa Catalina). Finalmente se realizó una evaluación del sistema de control y vigilancia que ha permitido ajustar algunas de las líneas propuestas evidenciando la necesidad de aunar esfuerzos humanos, técnicos económicos y logísticos para que el objetivo final del mismo se cumpla.

Es importante mencionar que para dar continuidad a las actividades anteriormente descritas (implementación del plan de manejo, esquema de control y vigilancia y demarcación del AMP), las mismas fueron incluidas en el proyecto de “Protección de la Biodiversidad en la

Región Suroccidental del Caribe (2010)", desarrollado por CORALINA, garantizando de esta manera su sostenibilidad durante los próximos cinco años.

La última medida implementada por este componente fue el manejo integrado costero que incluyó el desarrollo de lineamientos para incorporar alternativas favorables al cambio climático global en el diseño de viviendas, la modificación de prácticas agrícolas y cría de ganado tradicionales para reducir la erosión del suelo así como los impactos sobre el ambiente marino y costero; el desarrollo de políticas de población y formulación del plan de acción y lineamientos de adaptación ante los efectos de cambio climático en la Zona Costera y la implementación de un sistema de monitoreo de erosión costera como herramienta de manejo ambiental.

### Desarrollo de lineamientos para incorporar alternativas favorables al cambio climático global en el diseño de viviendas, incluyendo el uso de energías alternativas para la isla de San Andrés

Se ha determinado que los impactos que se prevén por el cambio climático pueden ser mitigados no solo por la disminución de construcciones en las zonas costeras, sino con la construcción de viviendas adaptadas a estas nuevas condiciones climáticas, donde se realice un análisis de la información geográfica, geotécnica y climática que incluya todos sus factores (dirección e intensidad del viento, humedad relativa del ambiente, radiación solar, ciclos de lluvia.) A esto debe sumarse la tradición sísmica o la caracterización ecosistémica, así como también información de tipo social, económica, cultural y ambiental. (Figura 45).

Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboró un documento de formulación de lineamientos para incorporar alternativas favorables al cambio climático global en el diseño de viviendas en el cual se realizó un análisis detallado del entorno incluyendo Instrumentos de planificación territorial, características bioclimáticas de la isla, tipo de energías alternativas, recomendaciones de los materiales a utilizar, análisis que permita optimizar al máximo la utilización de recursos (radiación solar, agua de lluvia, reciclaje de aguas grises, utilización de materiales recuperados y reutilizados) y utilización de materiales saludables y estrategias de ventilación natural. Para dicho análisis adicionalmente se tuvo en cuenta igualmente la información ancestral y prácticas culturales de la isla así como los diferentes métodos para el manejo de aguas residuales y de residuos sólidos. La propuesta incluyó planos arquitectónicos y diseños que fueron entregados conjuntamente con el documento a la oficina de planeación departamental de la isla. (Anexo 21).



Figura 45. Propuestas vivienda. Unifamiliar rural, unifamiliar urbana y multifamiliar

### Cambios en las prácticas tradicionales agropecuarias para reducir la erosión y los impactos sobre el medio marino y costero.

Otra de las acciones adelantadas estuvo encaminada a modificar las prácticas agropecuarias tradicionales a fin de reducir la erosión del suelo y como los impactos sobre el ambiente marino y costero, es de mencionar que en el Archipiélago y particularmente en la Isla de Providencia, la actividad agropecuaria se desarrolla como una forma de garantizar la seguridad alimentaria y una alternativa de subsistencia de las comunidades, especialmente entre el grupo nativo raizal. En la mayoría de los casos esta actividad se desarrolla sin tener en cuenta prácticas de manejo que sean integrales y sostenibles, lo que viene afectando los recursos naturales del área. Muestra de esto, es el desarrollo de actividades como la tala de bosques, para ampliar la frontera agropecuaria, que han



Figura 46 Afectación de actividades productivas y alternativas implementadas

ocasionado pérdida de la biodiversidad, degradación de suelos, pérdida de productividad, y a su vez ha afectado otros recursos como el agua y los ecosistemas costeros como son manglares, las praderas de pastos marinos y los arrecifes de coral.

En busca de dar solución a esta problemática, el proyecto INAP desarrolló una propuesta de manejo sostenible de las actividades ganaderas y agrícolas en el municipio de Providencia y Santa Catalina islas, que incluyó un proceso de concertación con los agricultores y ganaderos para la modificación de prácticas agropecuarias tradicionales, y la implementación de tres pilotos de agricultura que incluyeron buenas prácticas agrícolas, funcionalidad de cada elemento del sistema productivo, planificación y uso eficiente de energía, utilización de recursos biológicos, tratamiento de la sucesión natural y manejo de suelos y agua (**Anexo 22**). (**Figura 46**).

Para la isla de San Andrés específicamente, se implementó la construcción de camas profundas para la cría de cerdos, actividad que fue identificada como una adecuada alternativa para la solución a los problemas de contaminación por vertimientos y generación de olores. Este sistema consiste en mantener los animales sobre un piso de tierra o concreto, cubierta con una capa de un material absorbente como viruta de madera, bagazo de caña picada, pasto seco, etc. El material absorbe la humedad de los desechos generados por los animales, evitando la producción de residuos y malos olores, al mismo tiempo reduce la necesidad de utilizar agua en el aseo de las instalaciones. Esto contribuyó en el mejoramiento de las condiciones sanitarias y ambientales del sector de Botton House; en donde vincularon finalmente 10 porcicultores. (**Figura 47**).

### Formulación de políticas poblacionales de adaptación ante los efectos de cambio climático en la zona costera

Con relación al tema de política poblacional, el proyecto desarrolló un documento sobre políticas de población y formulación del plan de acción y lineamientos de adaptación ante los efectos de cambio climático en la zona costera; para su formulación, se elaboró una "Propuesta metodología para la concertación comunitaria", la cual se basó en la temática de investigación acción participativa así como la investigación cualitativa etnográfica (Basada en Población y cambio climático en Islas insulares oceánicas del Caribe colombiano). En este proceso y a través de talleres de trabajo se logró la participación de cerca de 200 personas entre comunidades e instituciones públicas y privadas. Dentro de las actividades desarrolladas para la construcción del documento se destacó la realización del primer foro de población en islas pequeñas oceánicas al cual asistieron representantes internacionales del Australian National University, División de Población de Naciones Unidas, Islas Caimán y Galápagos y nacionales del DANE, presidencia de la república, OCCRE, CORALINA, Secretaria de Salud Departamental y otros grupos de interés como gremios, comunidad raizal, Juntas de Acción Comunal y la academia. (**Anexo 23**)

El documento de Política Poblacional presenta en cinco áreas focales, de acuerdo con la política poblacional global de las Naciones Unidas: medio ambiente y recursos naturales, economía y manutención, salud, educación, y cultura y tradición. Este fue presentado a consideración a la gobernación del departamento, el Departamento de Planeación Nacional (DNP), Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y otras instituciones del orden local y nacional así como a las comunidades locales.



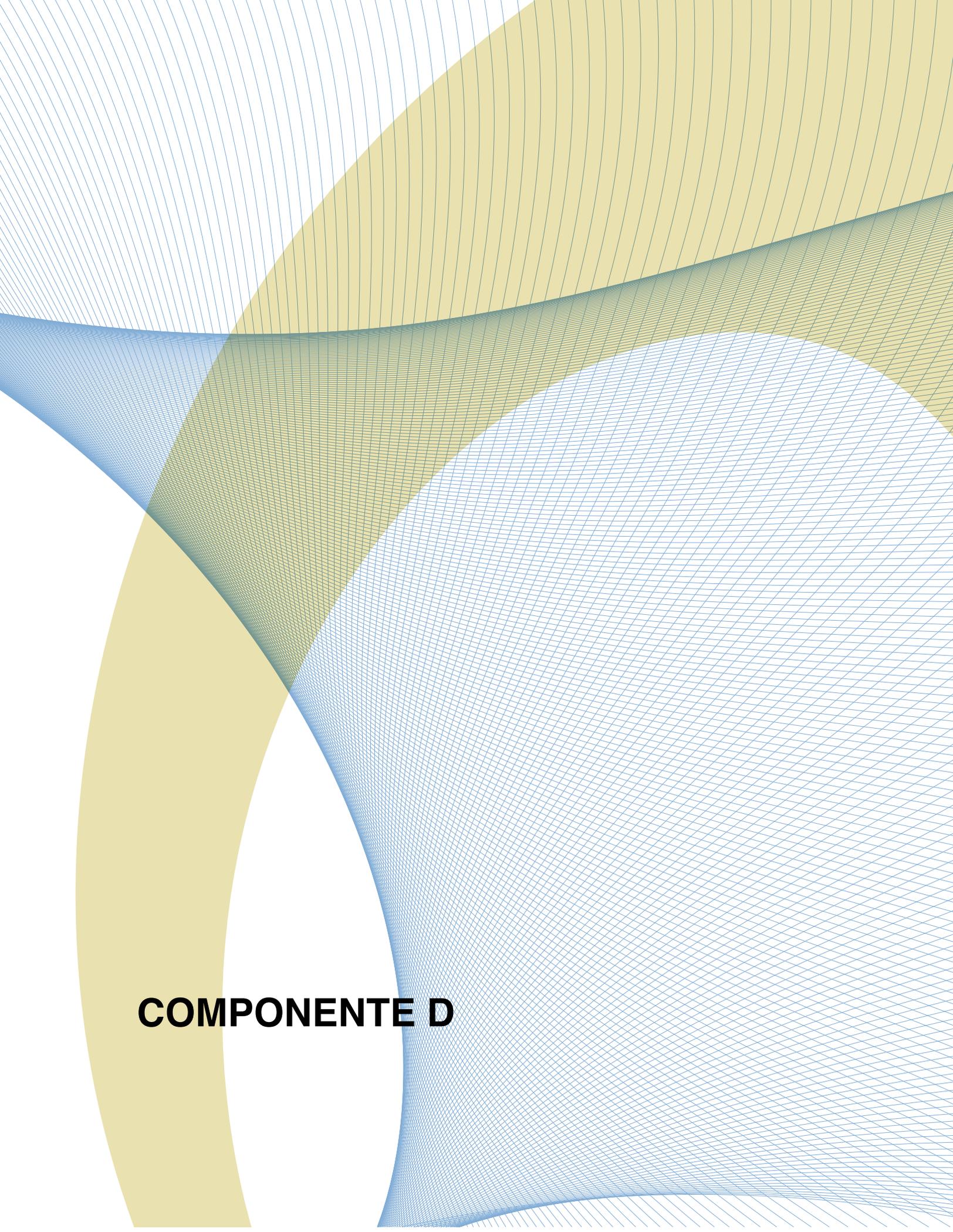
Figura 47. Alternativas implementadas para el manejo porcícola

### **Implementación de un sistema de monitoreo de erosión costera como herramienta de manejo ambiental**

Se desarrolló el seguimiento a las playas del archipiélago de San Andrés y Providencia, se diseñó e implementó un protocolo de monitoreo que permitió conocer la dinámica de las playas y generar la línea base para definir y desarrollar acciones para mitigar los procesos erosivos que se presentan en la zona costera de la isla. Se realizó la resiembra y el mantenimiento de la vegetación costera en el Sector de Sprat Bight así como acciones de reforestación en el borde costero de la Av. Newball, Sunrise Park y borde de Playa del Hotel Mar Azul. Igualmente se realizó el encerramiento y siembra de plántulas en un sector de Sound Bay.

Se implementaron estrategias de divulgación y sensibilización, de manera transversal a todos los componentes, con el fin de permitir un mejor acercamiento a la comunidad y lograr una mejor comprensión respecto a los efectos del cambio climático y la necesidad de adaptarse al mismo. A través de diferentes herramientas comunicativas como fue la realización de un video en inglés, español y creole (lengua nativa de la isla), concursos de caricatura y otras herramientas lúdicas se buscó que las comunidades locales se apropiaran de los procesos y dieran mayor relevancia al proceso.





**COMPONENTE D**



## Componente D

### Respuesta al incremento de la exposición de vectores de enfermedades tropicales (malaria y dengue) inducidos por el cambio climático.

**-INS-**

El impacto del cambio climático en la salud humana es un reto difícil de asumir en salud pública. Teniendo en cuenta la multi-causalidad de las enfermedades y siendo el clima un determinante tanto directo como indirecto de la salud, es indiscutible que el cambio climático va a tener un impacto en la salud humana. Sin embargo, una vez se trata de obtener evidencia precisa en cuanto a efectos reales y potenciales y su magnitud en la salud y la vida de las personas, la información y los estudios disponibles no son muchos ni tan claros. Más aun si se busca pasar de información generada por proyectos de investigación a toma de decisiones en cuanto a adaptación. Este escenario de incertidumbre, donde no se tiene claro que va pasar, en que magnitud, ni cuando, genera grandes dificultades a la hora de tomar decisiones respecto a la adaptación del sector salud a los efectos de cambio climático. Adicionalmente, en situaciones donde la salud pública ya enfrenta grandes retos, como es el caso de los países en desarrollo, y que a su vez esta misma situación de desarrollo los hace más vulnerables al cambio climático, es más difícil incorporar políticas de adaptación al cambio climático. Es por esa misma situación que la adaptación al cambio climático no es vista como una prioridad y se percibe como una desviación de la atención y recursos ante las prioridades en salud pública que requieren ser resueltas en el corto plazo. En consecuencia, el posicionamiento político del tema también se hace difícil y por ende su inclusión en la agenda y planeación de las políticas públicas.

Es en este marco que conceptos en salud pública como son la prevención y promoción, entran en juego. Es decir, actuar previamente a la presentación del efecto no deseado, en este caso el impacto del cambio climático en la salud de las personas. Por lo tanto, estrategias como el mejoramiento de los sistemas de vigilancia en salud pública, incluyendo los sistemas de alerta temprana, que permitan una adecuada planeación en tiempo y espacio de actividades de prevención y control, se convierten en herramientas valiosas de adaptación resolviendo o atendiendo ambos requerimientos, los de corto y largo plazo.

Al tanto de falta de información clara y contundente sobre los impactos del cambio climático en la salud, más aun al inicio del proyecto en 2006, pero consientes que no se pueden concentrar los esfuerzos en llenar los vacios de información y esperar a tener los resultados para identificar e implementar medidas particulares de adaptación, el componente salud del proyecto INAP planteó el fortalecimiento de los sistemas de vigilancia como medida de adaptación al cambio climático. En el proceso de fortalecimiento adicionalmente se llenaron vacios de información respecto al impacto del cambio climático en la salud humana. El objetivo fue diseñar e implementar un Sistema Integrado de Vigilancia y Control (SIVCMD) para malaria y dengue que responda a los posibles cambios en las dinámicas de transmisión y exposición inducidos por la variabilidad y el cambio climático (**Figura 48**). Esta medida permite, por medio de acciones en el presente, disminuir la vulnerabilidad al cambio climático, a través de:

- i. el mejoramiento de las condiciones base de salud de la población secundario a mejoras en la focalización de actividades de promoción, prevención y control y,
- ii. respuestas adecuadas del sector salud a la variabilidad climática que a su vez disminuye la vulnerabilidad al cambio climático.



Figura 48. Modelo del Sistema Integrado de Vigilancia para dengue y malaria

Dengue		Malaria	
Municipio	Área (barrio)	Municipio	Área (vereda)
Barranquilla	Chiquiquira	San José del Guaviare	Barracón
	Ciudadela	Buenaventura	Citronela
Armenia	Colinas		Zacarias
	Fachada	Montelibano	Tierralta
Bucaramanga	Cumbre	Puerto Libertador	Juan José
	Campohermoso	Guapi	Santa Mónica

Tabla 3. Municipios piloto para la implementación de actividades del componente D.

El diseño del SIVCMD contempló la inclusión de factores determinantes de la salud en el sistema de vigilancia, como lo son las variables climáticas, demográficas y de desarrollo. La inclusión de la información se realizó a través de ejercicios de modelación dinámica que permiten tener una visión más integral de las dinámicas de transmisión y a la vez generan la posibilidad de contestar preguntas como ¿Qué pasaría si ...? . Por ejemplo, ¿Que pasaría con la transmisión si cambian las condiciones climáticas, de urbanización, de abastecimiento de agua, etc?. Al realizar la integración de los determinantes y poder identificar sus interacciones es cómo podemos tener una visión y comprensión ecosistémica que nos lleve a actuaciones en el mismo sentido, siendo la aproximación requerida para la adaptación al cambio climático. Es así como la operación regular de los sistemas de vigilancia, al incluir las herramientas de modelación, permiten predecir el comportamiento del evento en salud y el efecto de determinada intervención, mejorando la planeación e implementación tanto en tiempo como lugar de las actividades de promoción, prevención y control.

Tanto para dengue como para malaria se realizó un análisis epidemiológico de la transmisión y se seleccionaron 6 áreas piloto en cuatro municipios mostrados en la **tabla 3**.

Durante la ejecución del proyecto se llevaron a cabo dos evaluaciones externas realizadas por:

- Roberto Barrera, Chief, Entomology and Ecology Activity, Dengue Branch, Centers for Disease Control and Prevention -CDC, Estados Unidos.
- Ulises Confalounieri, Investigador Senior, René Rachou Research Center, Fundación Oswaldo Cruz y Coordinating Lead Author (CLA) of the Health Chapter of the Fourth Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Las dos evaluaciones dieron resultados satisfactorios resaltando la integración entre investigación y actividades operativas en cuanto a cambio climático, dengue y malaria.

## Dengue

El dengue es una enfermedad urbana viral transmitida por el vector *A. aegypti* y ha re-emergido en los últimos 30 años como la enfermedad transmitida por vectores más devastadora por los humanos, infectado aproximadamente 50 millones de individuos anualmente y causando la hospitalización de más de 500.000 por dengue hemorrágico. Colombia es el país con mayor incidencia de dengue en Sur América.

En términos generales las actividades de control de dengue se focalizan en la producción del vector dado que es la variable más factible de intervenir en la dinámica de transmisión. A pesar del amplio reconocimiento de las relaciones entre urbanización, cambio climático y dengue, los modelos guiados por variables climáticas que predicen el riesgo de dengue han producido pocos hallazgos operables para los tomadores de decisiones, a la vez que los programas de prevención son cada vez más incapaces de impactar la dinámica de transmisión. El INAP se utilizó un abordaje dirigido al entendimiento de las relaciones entre cambio climático y dengue en Colombia, y en particular, se caracterizó como cuatro procesos determinan la variación geográfica en el impacto del cambio climático sobre el dengue.

- Aumento de los cortes y costos del agua: En el futuro inmediato el cambio climático favorece la transmisión del dengue a través de la adaptación de los humanos a situaciones de inseguridad en el acceso al agua dados los consecuentes comportamientos de almacenamiento que se derivan de la inseguridad. Se encontró que entre barrios endémicos que son ecológica y socialmente heterogéneos, los recipientes de almacenamiento de agua producían más del 90% de los vectores y esa variación en los comportamientos de almacenamiento producían cambios en el riesgo de epidemias de dengue en las viviendas y escalas semanales. La producción de vectores se ve dramáticamente aumentada en casas que usan agua almacenada (en vez de agua de tubería) para las actividades diarias del hogar y que mantienen reservas de agua en caso que se presente una interrupción en el servicio de acueducto. Las encuestas indicaron que el incremento en los costos del agua, la inestabilidad en el servicio de acueducto y la presencia de recipientes

de almacenamiento permanentes construidos con la vivienda, todos favorecen el almacenamiento simultáneo de agua para uso y reserva, pudiendo en consecuencia aumentar la producción de vectores como se mencionó anteriormente. El cambio climático incrementaría los dos primeros elementos mencionados (incremento de costos e inestabilidad en el servicio). En contraste, la ausencia de recipientes permanentes de almacenamiento de agua, el acceso a tanques que se puedan tapar fácilmente y manejables e interrupciones programadas en el servicio de acueducto, todas disminuyen la producción de vectores.

- Densidad de personas y desplazamientos: ciudades por encima de 150.000, habitantes mantienen constantemente casos de dengue, con pocos o ningún periodo de completa extinción viral. En las ciudades piloto, todas con más de 150.000, durante los periodos inter-epidémicos, el dengue se concentró espacialmente en los barrios con mayores densidades de personas y adicionalmente estos barrios al parecer juegan un papel clave en la amplificación de las epidemias a lo largo de la ciudad. Por otro lado se encontró que el movimiento de las personas, más que el de mosquitos, es la causa más probable en la propagación de las epidemias de dengue entre barrios. En cuanto a la densidad de personas, las simulaciones de los datos de campo mostraron que la misma aumenta el número de contactos de mosquitos con diferentes personas y reducir la producción de vectores en áreas de alta densidad de personas tiene un impacto desproporcionadamente mayor en la reducción de la intensidad y la persistencia de dengue comparado con intervenir áreas de baja densidad. En consecuencia la densidad de personas es un criterio para la focalización de actividades durante los periodos inter-epidémicos.
- Tamaño de la vivienda y precipitación: las viviendas de áreas pequeñas aumentan el efecto de la densidad de personas a través del incremento del número de personas en el rango promedio de vuelo del mosquito. Las localidades o barrios con casas pequeñas es más probable que experimenten menor variación estacional en el riesgo de transmisión porque la mayoría de los recipientes que son hábitat del *A. aegypti* se encuentran bajo techo y por lo tanto tienen menor variación estacional en la producción.
- Variación en altura y de temperatura: la adaptación del mosquito a la temperatura local altera fundamentalmente las interacciones entre el comportamiento humano y el desarrollo del vector a lo largo de un gradiente altitudinal. A 24-26°C, la mortalidad larvaria temprana en recipientes de altos volúmenes o con limitaciones de comida es mucho mayor que a 20-22°C y 28-30°C°. Por lo tanto, se predice que la adaptación de las personas a la inseguridad en el acceso al agua (incremento en

el almacenamiento de agua) va a tener un mayor impacto en el riesgo de transmisión en las ciudades por encima de los 1.200 m y por debajo de los 600m, que en los rangos de altura en el medio. La significativa baja producción de los recipientes de almacenamiento en Bucaramanga, en comparación con Armenia y Barranquilla, confirman esta predicción. Adicionalmente, dado el desarrollo más rápido de las etapas acuáticas del vector en temperaturas más cálidas, a bajas altitudes (clima más cálido) el vaciamiento de recipientes debe ser más frecuente con el fin de eliminar los mosquitos antes que emerjan en comparación con altitudes mayores.

Con el fin de incorporar estos hallazgos en un sistema integrado de vigilancia y control, se exploró como las escalas de las dinámicas de transmisión del dengue variaban con aquellas de la prevención del dengue en el sistema de salud Colombiano. En Colombia, la prevención y las actividades de evaluación del riesgo en últimas dependen de las acciones de las autoridades municipales de salud. En términos operativos, un área metropolitana típica, en el mejor de los casos, puede tener aproximadamente 50 técnicos de control de vectores que son responsables por la evaluación entomológica del riesgo y la inspección y control directo en aproximadamente 100 barrios endémicos (aproximadamente 1000-5000 casas cada uno). Presupuestalmente los recursos del gobierno central para la prevención, tanto a largo plazo con aproximaciones de base comunitaria, como acciones a corto plazo dirigidas por el estado, están ubicados en los Planes Operativos Anuales (POAs). Sin embargo hace falta una estrategia comprensiva para determinar temporo-espacialmente las acciones en las ciudades. En las áreas piloto, ocurrieron epidemias en toda la ciudad aproximadamente en intervalos de 2 a 4 años y fueron producidas por un solo serotipo para el cual la inmunidad de rebaño se había desvanecido debido a prologados niveles de baja circulación. Las epidemias son políticamente costosas, motivando la movilización de recursos de control de vectores, principalmente del gobierno central, pero favoreciendo estrategias intensas de intervención de corto plazo con alta visibilidad para la comunidad. Un ejemplo es el costoso uso de rociamiento de insecticidas a través de carro-tanques para eliminar los mosquitos infectados durante la epidemia. Sin embargo, dado que el movimiento de las personas, antes que el de mosquitos, propaga las epidemias de dengue en la ciudad, el rociamiento es inefectivo. Desafortunadamente, el rápido desvanecimiento de las epidemias debido al aumento de población inmune, permite a los actores políticos reclamar el éxito de la campaña de control, reduciendo la voluntad política para invertir en estrategias de adaptación a largo plazo en las áreas donde persiste el dengue.

La **figura 49** resume el marco de política de doble eje para adaptar la vigilancia y prevención del dengue a las realidades del cambio climático, basado en como las

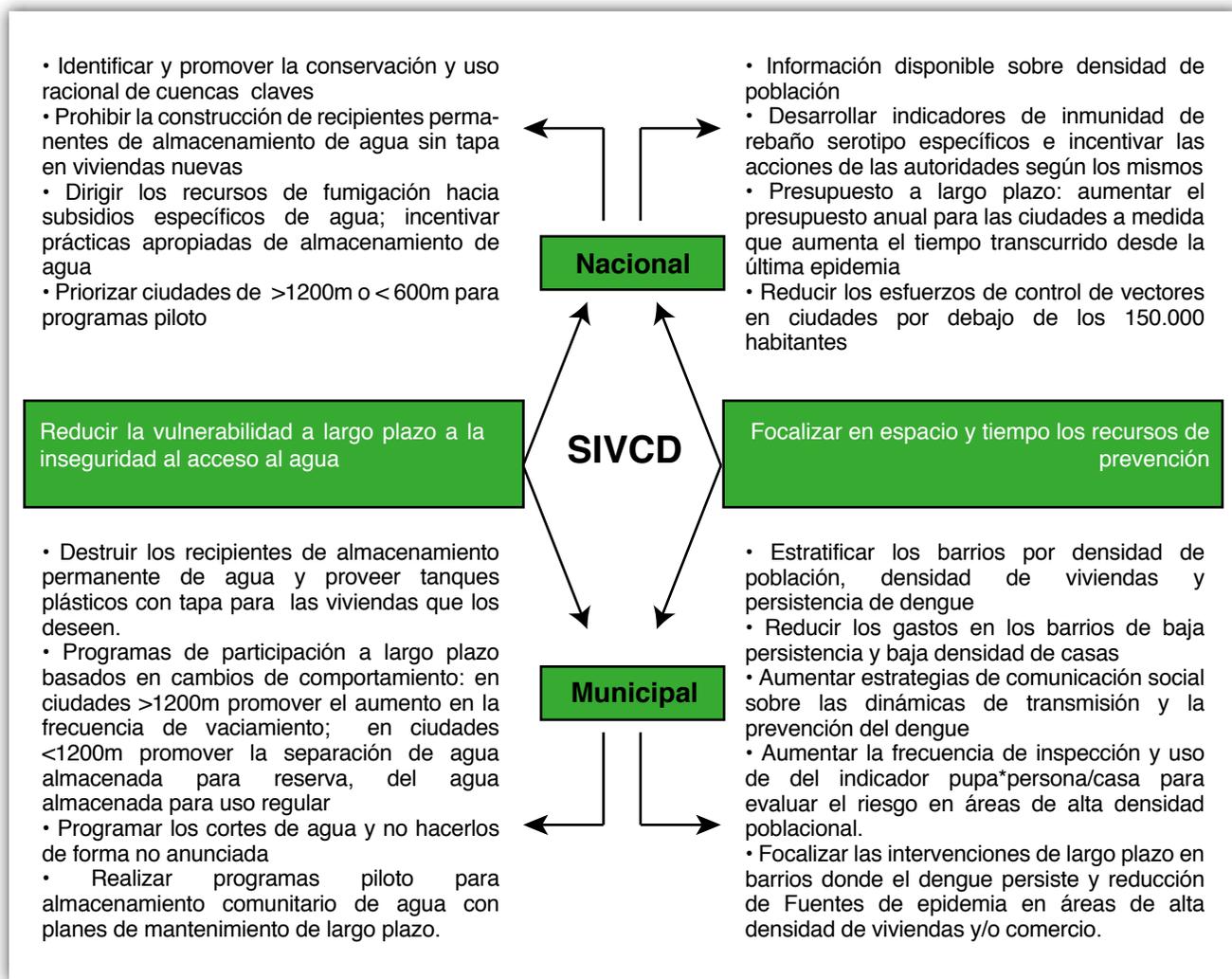


Figura 49. Marco de política de doble eje para adaptar la vigilancia y prevención del dengue a las realidades del cambio climático

personas van a interactuar con el aumento en inseguridad al acceso al agua en áreas de persistencia de dengue y como distribuir los recursos públicos en vigilancia y control basado en el riesgo de persistencia de dengue. La efectividad y sostenibilidad de este sistema depende de la capacidad de crear sinergias complementarias entre los componentes del sistema: estos es 1) conectado espaciotemporalmente la adaptación a la inseguridad en el acceso a agua con evaluaciones continuas del riesgo de persistencia de dengue y 2) lograr esto tanto en el nivel municipal como nacional. Esto asegurará que los decisores políticos y administradores-coordinadores del programa de vectores continuamente se retroalimenten y retengan la capacidad de incorporar nuevas comprensiones científicas en la vigilancia y control del dengue.

### Malaria

La malaria es una enfermedad causada por el parásito del género *Plasmodium* spp., que es transmitido al hombre a través de la picadura de la hembra del mosquito *Anopheles* spp. infectado. Según el "World

Malaria Report 2010" de la Organización Mundial de la Salud, en el 2009 ocurrieron 225 millones de casos de malaria y 781 mil muertes a nivel mundial. El promedio de casos de malaria en los últimos 10 años en Colombia es de 100 mil por año y su distribución espacial no es uniforme, siendo además una enfermedad de áreas rurales. Del total de los casos, alrededor del 50% ocurren en los departamentos de Córdoba y Antioquia. Adicionalmente es importante mencionar que no todo el país tiene las condiciones suficientes para la transmisión de la enfermedad, concentrándose el 75% de los casos en 44 municipios de los 1119 que tiene el país.

Las estrategias que ha adaptado el país para el control de la enfermedad consisten principalmente en la entrega de toldillos de larga duración, el rociado intradomiciliario con insecticidas de efecto residual, y el control de criaderos en las poblaciones a riesgo así como el establecimiento de puestos de microscopia para diagnóstico y tratamiento.

Los ejercicios de análisis de las dinámicas de transmisión para construir los modelos permitieron identificar los

siguientes puntos para las actividades de vigilancia y control:

- Los efectos de la precipitación y la temperatura sobre la dinámica de transmisión varían según la ubicación geográfica del municipio. No son generalizables para todo el país. Para la zona de la Orinoquia, la precipitación juega un papel muy importante. Para la zona del pacífico es la temperatura y para la costa atlántica es una combinación entre temperatura y precipitación.
- Es necesaria ajustar los sistemas de control de calidad del diagnóstico para que reflejen lo que se observa realmente en campo. Adicionalmente el sistema actual no se corresponde con la dinámica de transmisión de la malaria. Se elaboró una propuesta para mejorar la metodología de la evaluación externa indirecta del desempeño (EEID) (**Anexo 24**).
- La vigilancia entomológica debe enfocarse en actividades que den resultados de utilidad para la toma de decisiones respecto al control. Se sugiere trabajar exclusivamente presencia o ausencia del vector y resistencia a insecticidas. Las demás variables deben ser objetos de proyectos puntuales, con actualizaciones pertinentes, pero no ser integradas al sistema de vigilancia entomológico. Se elaboró un documento con sugerencias para el Sistema de Información para la Vigilancia Entomológica. (**Anexo 24**).
- Los pronósticos de número de casos se realizaron con los modelos SimulMal y WCT para el corto (de 2009 a 2011 con pronósticos estacionales de temperatura y precipitación y condiciones socioeconómicas constantes) mediano (2015 con cambios en precipitación y temperatura acorde al porcentaje de variación anual de las series históricas) y largo plazo (2050 y 2080 bajo cuatro escenarios de emisión de GEI). Los modelos lograron niveles de correlación considerados como satisfactorios en términos de la toma de decisiones y ante un escenario previo de planeación sin ninguna proyección y con base solamente en datos históricos. Las simulaciones en el corto plazo logran identificar los aumentos y disminuciones del número de casos, sin embargo tienden a sobreestimar el número de casos (**Figura 50**).

En el mediano plazo el modelo sugiere aumentos desde 6 a 15 casos por mil habitantes asumiendo condiciones socioeconómicas y entomológicas iguales a las del periodo base. En el largo plazo, aproximadamente en el año 2018 la prevalencia de la enfermedad exhibe puntos de inflexión para los diferentes escenarios considerados: B1, B2, A1 y A2. El comportamiento se torna fuertemente ascendente hasta aproximadamente el año 2040, a partir del cual las pendientes de las líneas de prevalencia disminuyen. Se espera que la enfermedad duplique la

incidencia promedio histórica alrededor del año 2020 asumiendo que no se presenten cambios significativos en las campañas de control.

En cuanto al Sistema de Alerta Temprana (SAT) para pronosticar el número de casos en el corto plazo (trimestralmente) a partir de los modelos construidos, se han propuesto nueve plataformas operativas que permiten la simulación continua de la dinámica de transmisión teniendo como base la información epidemiológica y climática colectada rutinariamente. Estas herramientas fueron diseñadas para que sean ejecutadas por las autoridades de salud del nivel central, departamental o local. Sin embargo en el corto plazo se utilizará inicialmente la plataforma desarrollada en Excel dada su facilidad de operación y acceso. En la medida que tanto el nivel nacional como local fortalezcan su capacidad operativa para la ejecución de estas herramientas, se podrá incluir o reemplazar por plataformas más robustas.

En cuanto a la operación del SAT, la información epidemiológica es suministrada por la Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública –SVCS- del Instituto Nacional de Salud –INS- a través del Sistema de Vigilancia Epidemiológico Nacional –SIVIGILA. La información climática registrada en cada estación (precipitación y temperatura media, ) es suministrada por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM a escala diaria; los pronósticos de la magnitud de las anomalías de precipitación y temperatura deben ser realizados a escala trimestral a partir de un mes base (i.e. el pronóstico para el trimestre JUN-JUL-AGO con base en MAY; en JUN se hace para JUL-AGO-SEP y así sucesivamente). Inicialmente se utilizarán los pronósticos del modelo ECHAM4.5 publicados por el International Research Institute for Climate and Society de la Universidad de Columbia y una vez el IDEAM genere los pronósticos con la herramienta CPT, se utilizarán estos últimos.

La información climática será entregada por el IDEAM en los formatos previamente establecidos (**Figura 51**) en la última semana del mes l al grupo de Enfermedades Transmitidas por Vectores –ETV- de la Subdirección de Vigilancia y Control en Salud Pública del INS.

El grupo de ETV tendrá la responsabilidad de generar los pronósticos mensuales a escala trimestral (**Figura 52**) y posteriormente incorporarlos al subsistema de análisis del SIVIGILA y en la Web del INS. Los municipios y departamentos podrán consultar los resultados y adicional el resto de las herramientas de análisis propuestas, las autoridades locales tendrán mejor evidencia para tomar sus decisiones en cuanto a la prevención y control de la malaria.

La utilización de herramientas de simulación aunque no permiten hasta el momento caracterizar la dinámica de transmisión al 100%, si proporcionan información valiosa para la toma de decisiones, más aun cuando la planeación actualmente se realiza solamente basados en datos históricos de casos. Mejorar los resultados de

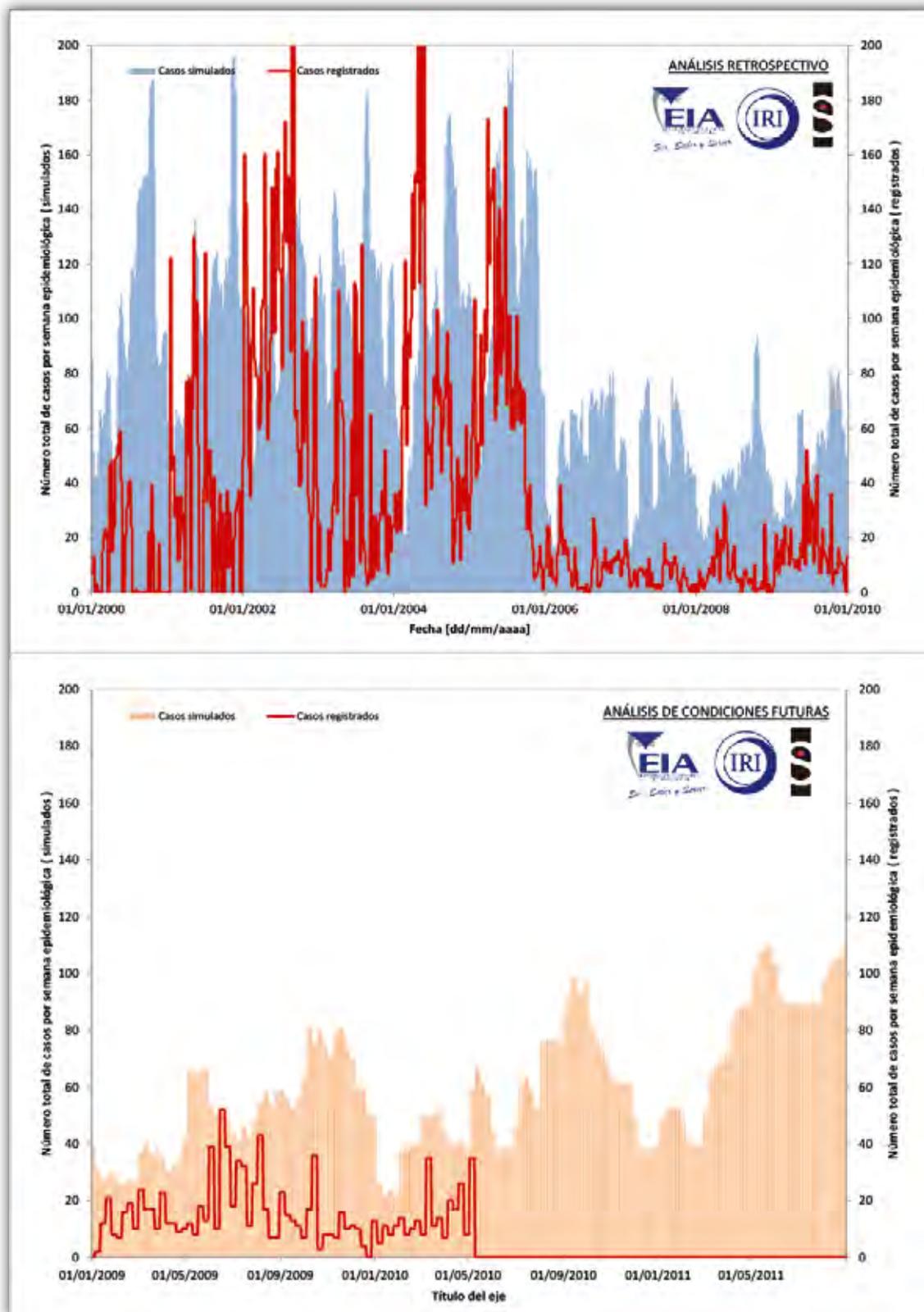


Figura 50. Simulación retrospectiva de *P. falciparum* en el municipio de Buenaventura (enero 2000-dic 2010) WCT y Número de casos semanales por *P. falciparum* pronosticados por el modelo WCT en el municipio de Buenaventura desde enero 3 de 2010 hasta Agosto 30 de 2010.

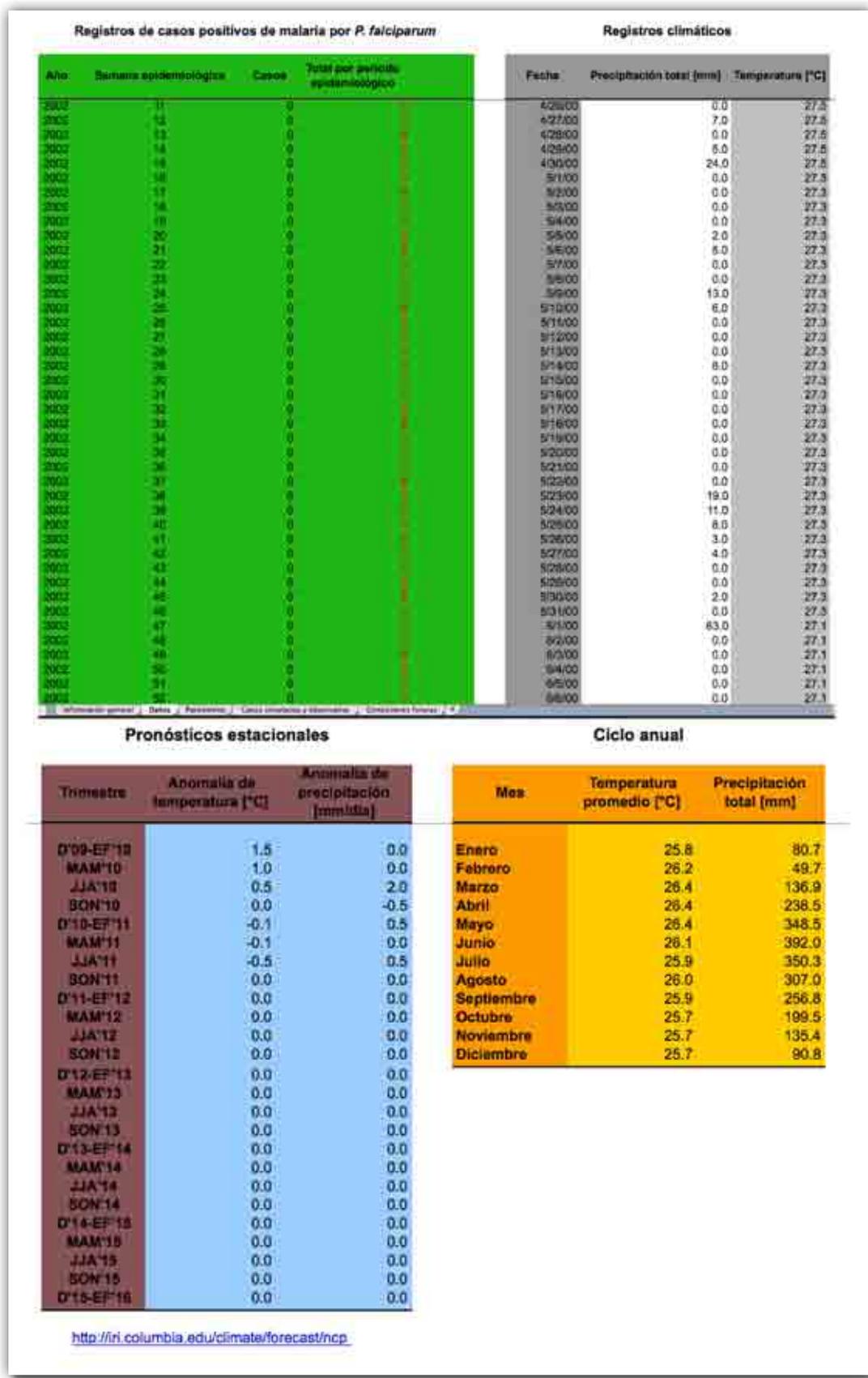


Figura 51. formato de datos climáticos y epidemiológicos para el modelo WCT en la versión .exe

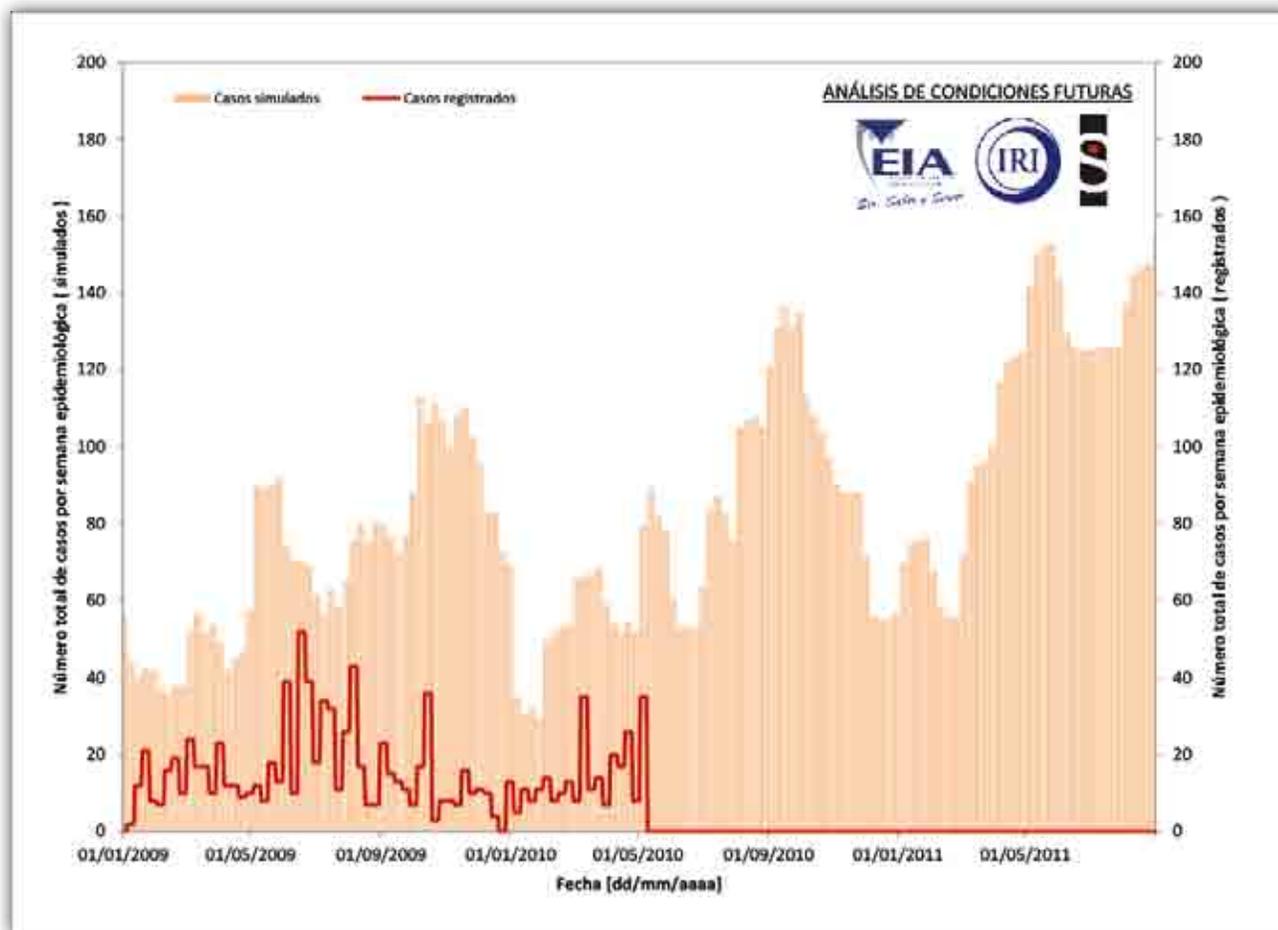


Figura 52. Grafica de pronósticos modelo WCT en la versión .exe

los ejercicios de simulación implica que se debe mejorar la información necesaria para los mismos con el fin de aumentar su capacidad de entendimiento de la dinámica de transmisión y por lo tanto para apoyar la toma de decisiones.

Además del pronóstico en el número de casos, los resultados de las diferentes encuestas realizadas en campo generan la evidencia para poder direccionar las decisiones del control de la malaria que no necesariamente implica cambios de política:

- Dadas las características de las casas, el rociamiento intradomiciliario con insecticida residual debe ser restringido a áreas específicas donde la estructura de las viviendas cumpla con los criterios para llevar a cabo la el rociamiento.
- Se debe desarrollar e implementar un sistema de información del programa de control de malaria que permita generar continuamente los indicadores de vulnerabilidad (coberturas del programa de control)
- Con los datos generados por el sistema actual, utilizando herramientas tradicionales de análisis como conglomerado (cluster), se puede

establecer la estacionalidad en la transmisión para posteriormente determinar la vulnerabilidad e intensificar o concentrar las acciones. Igualmente puede apoyar la focalización de algunas acciones como el diagnóstico y el tratamiento.

- Dado que el 80% de los criaderos identificados corresponden a criaderos generados a partir de actividades humanas (p ej: estanques de peces) se debe tener un control sobre el uso del suelo a partir de los POT, teniendo en cuenta los riesgos en salud
- Mejorar la cobertura de la red de microscopia produciría un impacto reduciendo la duración del periodo infeccioso, la tasa básica de reproducción y por tanto el número de casos
- Tener datos longitudinales de densidades vectoriales, disminuiría la incertidumbre de los resultados de modelación, teniendo en cuenta que estos datos no deben ser parte del sistema de vigilancia sino de trabajos puntuales de investigación.
- Se debe desarrollar una estrategia para generar en las comunidades las competencias suficientes para enfrentar los cambios en el clima acopladas a la prevención de la enfermedad, así como en la

exigencia del derecho a la gratuidad de los servicios de control, diagnóstico y tratamiento, ya sea por el estado o el proveedor de salud correspondiente.

- Las variables climáticas deben ser incorporadas dentro de los análisis de evaluación del riesgo de malaria. Inicialmente puede ser de forma descriptiva y análisis exploratorios.
- El Estado debe garantizar la calidad y la oportunidad de la información climática para mejorar la planeación de las actividades de control de la malaria.

### Resultados institucionales más relevantes

El proyecto INAP generó la oportunidad para que el sector salud y más directamente el Instituto Nacional de Salud – INS iniciara el proceso para incluir el Cambio Climático y el clima como un elemento a considerar y tener en cuenta como determinante actual y futuro de la salud, y en consecuencia en la planeación de programas y políticas de salud.

Es así como en el Plan Estratégico 2011-2014 el INS en la estrategia de “Fortalecimiento de los procesos de prevención, inspección, vigilancia y control” incorporó como meta para 2014 contar con los lineamientos de adaptación a cambio climático para el sector salud.

Adicionalmente se generó la oportunidad de participar en la construcción del Conpes “Estrategia Institucional para la construcción de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia”

Aunque el componente salud se centró en dos eventos, malaria y dengue, se logró definir y construir un marco para entender el papel del clima tanto directamente en la salud con a través de su efecto en otros determinantes. Esto abrió las posibilidades y permitió iniciar un trabajo de evaluación de vulnerabilidad en salud por cambio climático en el país.

Adicionalmente con el proyecto INAP se abrieron espacios de diálogo y acercamiento con diferentes disciplinas del conocimiento, creándose así grupos de trabajo multidisciplinarios, indispensables para enfrentar los impactos del cambio climático. Es así como antropólogos, biólogos, físicos, meteorólogos, economistas, estadísticos, bacteriólogos y médicos entre otros hicieron parte del equipo de componente salud. A partir de estos grupos se logró un mejor y mayor entendimiento de la dinámica de las enfermedades y una mayor comprensión del efecto del clima en los diferentes elementos de la misma. Por otro lado, se logró permear mutuamente a los dos sectores, meteorología y salud, para finalmente poder tener un diálogo común con una comprensión básica de las responsabilidades, necesidades y actividades de cada sector, creándose así vínculos institucionales sostenibles en el tiempo. El trabajo interdisciplinario también permitió que otros sectores tuvieran en cuenta los efectos en salud, positivos o negativos, en el diseño e implementación de

medidas de adaptación a Cambio Climático.

Dadas las múltiples conexiones institucionales (IDEAM, DNP, DANE, IRI, Humboldt) que se generaron a través del proyecto, se logró ampliar la participación del sector salud en las actividades de evaluación de vulnerabilidad, desarrollo de políticas y en general en los temas de cambio climático que adelanta el país. Es así como por ejemplo se logró participación en la discusión del CONPES de cambio climático y presentar aportes a las actividades y políticas de OPS-OMS.

Este proceso, que podría llamarse de adaptación y aceptación del sector salud en relación a incluir el cambio climático en su deber ser, dejó una gran cantidad de aprendizajes que se enumeran a continuación y pueden ser de gran ayuda para quienes están iniciando procesos similares. Incluso las experiencias o resultados negativos, muchas veces sub-valorados y por lo tanto no publicados, son de gran ayuda porque indica que se deben idear estrategias distintas:

El compromiso político institucional del sector es de vital importancia para poder dar sostenibilidad y continuidad a las estrategias de adaptación. No debe ser solamente un compromiso de los profesionales vinculados a una institución porque ante cambios directivos que conlleven cambios en la planta de profesionales, se puede perder la línea de trabajo. Por ello se debe buscar desde el inicio un “ancla” institucional, como son acuerdos, convenios y mejor aun incorporación en las políticas, planes, programas y proyectos a mediano y largo plazo de la institución.

Dado el largo plazo en el que generalmente se trabaja al referirse al cambio climático (30 años) no es fácil conseguir el compromiso institucional por los intereses a mediano y corto plazo en la planeación de las actividades, adicional a la situación generalmente de emergencia que vive el sector salud y lleva a que temas como estos no sean considerados una prioridad. En este sentido, como posible solución esta la gestión (“presión”) que otros sectores pueden ejercer para que se genere un compromiso. Adicionalmente se debe transmitir el mensaje que al hablar del impacto del cambio climático debemos entender primero el papel de la variabilidad climática en la salud y saber responder a la misma. Dado el corto plazo del impacto de la variabilidad climática, se logra tanto atender los intereses políticos de corto plazo, como obtener soluciones a problemas de salud afectados por la variabilidad climática y en el largo plazo disminuir así la vulnerabilidad a cambio climático.

En todos los sectores el factor económico es de gran importancia para la toma de decisiones. Al presentarse nuevos o un incremento en los eventos en salud, como es de esperarse con el cambio climático, el tener estimaciones del costo-beneficio de las medidas de adaptación se convierten en herramientas para apoyar la toma de decisiones. Aunque en el sector salud, los estudios económicos siempre será un dilema al poner precio a la vida de las personas ya sea por enfermedad o

muerte, se debe contemplar desde el inicio la estimación del costo-beneficio de las medidas de adaptación.

Los sistemas de información de cada sector fueron diseñados, en la mayoría de los casos, solo para atender las necesidades específicas de ese sector. Tal es el caso tanto del sistema de Vigilancia epidemiológico como de la red de meteorología. Al trabajar en cambio climático, donde se debe tener una visión más amplia y donde se reflejan las complejas interacciones de la salud con el medio, se generan necesidades de información no contempladas previamente tanto al interior del mismo sector, como la necesidad de obtener información por parte de otros sectores. Es así como al intentar correlacionar datos que dependiendo del sistema pueden tener características específicas, se dificulta la obtención de resultados. Como se mencionó este es el caso de los sistemas de información de vigilancia epidemiológico y el de meteorología. Donde tanto la temporalidad como la definición geográfica de la información es distinta en cada uno.

El trabajo multidisciplinario necesario para afrontar los impactos del CC requiere que todos los sectores tengan una comprensión mínima de las actividades de los otros. Esto es realmente un reto en disciplinas que con anterioridad no se habían interrelacionado y en un país donde la educación interdisciplinaria es aun incipiente. Es por este motivo que se dificulta el diálogo fluido entre las diferentes disciplinas, demorando de esta forma los procesos de integración de información. Se debe incitar la formación de profesionales que integren varias disciplinas en su saber y generar espacios de reconocimiento entre sectores. A través del proyecto INAP se avanzó ampliamente en el acercamiento y entendimiento, tanto por parte del sector salud como meteorología. Esto permitió poder definir cual es el horizonte de trabajo en Cambio Climático y salud e iniciar un trabajo interinstitucional para compatibilizar las necesidades del sector salud con la información generada por el sector clima. Por ejemplo, entre varias cosas de destacaron:

Definir que las áreas de interés del sector salud no eran necesariamente las mismas del IDEAM y por lo tanto se requería un esfuerzo en mejorar la información climática de las áreas de interés del sector salud.

Las necesidades en pronóstico y datos históricos también diferían y se requirió un trabajo arduo en obtener la información de clima en el formato y la periodicidad necesarios.

Se debía compatibilizar los tiempos de recolección de datos en ambos sistemas de información.

Al finalizar el proyecto INAP queda claro que la inclusión del clima ya sea de forma directa (ej: temperatura y/o precipitación) o indirecta (ej: disponibilidad de agua) como determinante de la salud se convierte en una herramienta que permite mejorar las condiciones de la salud de la población a través de la implementación

focalizada en tiempo y espacio de actividades de promoción, prevención y control, disminuyendo a su vez como resultado la vulnerabilidad al cambio climático. Aunque es claro que el clima no explica en su totalidad la ocurrencia de un evento en salud, este enfoque denominado Gestión del Riesgo Climático (GRC) puede disminuir la vulnerabilidad por cambio climático así como alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible.



**COMPONENTE E**



## Componente E

### Manejo administrativo y financiero del proyecto.

#### -CONSERVACIÓN INTERNACIONAL -

Conservación Internacional Colombia estuvo a cargo del componente E2 "Administración", así como de la coordinación técnica general del proyecto, en apoyo al a la ejecución del componente E1 "Coordinación técnica" a cargo del IDEAM. CI desde el 2008 ha venido promoviendo de forma complementaria al cumplimiento de los objetivos del INAP, especialmente en el marco del Componente B, procesos de articulación con otras iniciativas orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático en los ecosistemas de alta montaña que rodean a la ciudad de Bogotá y municipios aledaños.

Se destaca el Convenio adelantado con la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y la participación de entidades territoriales municipales, departamentales y autoridades ambientales, para la constitución del Corredor de Conservación PNN Chingaza y Sumapaz, la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá y el Páramo de Guerrero, con el fin de contribuir al desarrollo de medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, y establecer acciones de conservación en un territorio de 600.000 ha, cuya función principal es el suministro de agua para consumo humano y el desarrollo de actividades productivas, de más de 9 millones de habitantes. Este estudio permitió identificar 4 áreas prioritarias para la conservación y la restauración ecológica, promoviendo la conectividad y la recuperación de áreas degradadas, incluyendo otras herramientas de manejo del paisaje como las cercas vivas, los sistemas agroforestales y la protección de zonas de ronda. Se efectuó una evaluación de factibilidad técnica, de las áreas con mayor aptitud para implementar un programa de MDL, se elaboró un programa de restauración ecológica participativa, y se establecieron los lineamientos para fortalecer la gestión de las áreas protegidas existentes y la creación de nuevas áreas a nivel regional. Sguerra, S et al 2011 (**Anexo 26**).

Este estudio se constituye actualmente en el marco territorial más apropiado para escalar las experiencias del Componente B del INAP e impactar un mayor territorio del cual depende en gran parte el suministro de agua para la ciudad de Bogotá.

CI viene apoyando desde el año 2005 a la EAAB en el proceso para la formulación del proyecto MDL de energía de Santa Ana, ubicado en el Macizo de Chingaza, y el cual genera certificados de reducción del orden de 23000 Ton/año, y ha efectuado las gestiones necesarias para lograr que estos CREs sean invertidos en actividades dedicadas al fortalecimiento del PNN Chingaza. Estos CERs se vendieron primero en el mercado regulado, y desde el 2006 fueron registrados en la Convención de Cambio Climático.



Figura 53. Área del Corredor de Conservación PNN Chingaza-Sumapaz y Páramo de Guerrero.

CI apoyó acciones con la UAESPNN en la consolidación del PNN Chingaza y su área de amortiguamiento, en las gestiones necesarias para la adquisición de predios equivalentes a 2800 ha pertenecientes a CEMEX y que hoy en día forman parte tanto del PNN Chingaza como de su área de amortiguamiento.

En lo que respecta a la gestión administrativa y financiera del proyecto, CI ha efectuado las acciones necesarias para garantizar un manejo presupuestal y administrativo eficiente el cual permitió que los procesos de contratación y adquisiciones se desarrollaran adecuadamente, incluso frente a dificultades propias de desembolso de recursos, en donde CI cuando fue necesario, y mientras se cumplía con el proceso de trámite, asumió con recursos propios las obligaciones a que hubo lugar.

Con el fin de realizar el monitoreo y seguimiento a la implementación del proyecto, El INAP estableció una herramienta de planeación y gestión técnica del proyecto y sus Planes Operativos Anuales (POA) para cada uno de los componentes. Esta herramienta constituyó una plataforma informática de fácil acceso a través de

una conexión web que permitió al IDEAM y a CI, el seguimiento y control del estado de implementación de los Componentes del INAP, según los Planes Operativos anuales aprobados por el Comité Técnico del Proyecto y el BM. Este sistema facilitó el proceso de reportes tanto para el Banco Mundial como para Acción Social, según lo previsto en el Acuerdo de Donación.

Otro aspecto importante apoyado en el marco de este componente fue el análisis costo /beneficio de las medidas de adaptación implementadas, por solicitud del BM en su visita de medio término (**Anexo 27**). Este análisis económico es uno de los primeros efectuados en el país y permite desde una perspectiva ecosistémica, tener una visión integral de las acciones de adaptación. El planteamiento metodológico para el estudio partió de la clasificación de las medidas de adaptación desarrolladas por el INAP en dos tipos; las primeras consideradas como de impacto directo sobre los efectos generados por el cambio climático, y para cuyo análisis existen referentes de mercado, y las segundas denominadas de soporte, las cuales garantizan la sostenibilidad de las primeras. Con base en esta distinción se desarrolló un análisis multicriterio y una la valoración económica de las medidas implementadas.

Para la estimación de los beneficios económicos de las medidas de adaptación de los componentes A, B y C, fue necesario la construcción de los escenarios de pérdida de bienestar económico como consecuencia del cambio climático en las regiones del país donde se ejecutó el proyecto y la consecuente recuperación o reducción de la pérdida (beneficio) que podría asociarse al proyecto INAP, en términos del Producto Interno Bruto colombiano tomando como año de referencia el 2010. Estos impactos fueron estimados para los mercados agrícolas, de energía, turismo, pesca y abastecimiento de agua en los departamentos de Cundinamarca, Bolívar, San Andrés y Bogotá D.C. para el periodo 2011-2050.

Como resultado del análisis se evidenció el impacto positivo de las medidas de adaptación desarrolladas en estos componentes, en una proporción significativamente mayor a los costos de su implementación, en términos de su valor presente neto. Los beneficios económicos de las medidas de adaptación por sectores y departamentos difieren en magnitud en función de la representatividad económica del sector analizado, sin embargo, en términos relativos dichos beneficios son homogéneos, con porcentajes que oscilan entre 3.4 y 0.5% del costo del cambio climático para el periodo 2010-2050.

Con base en estos resultados se estimó el valor de una estrategia nacional de adaptación al cambio climático con enfoque ecosistémico, analizando varios escenarios en los que se recuperaría un porcentaje del costo social generado por el cambio climático. Observando uno de estos escenarios, una estrategia de adaptación para el periodo 2010-2050 podría costar entre US\$50 y US\$100 millones de dólares y se esperaría que esta tuviese un beneficio social entre el 7 y el 15% del PIB para el año de referencia (2010).

En cuanto al componente de salud humana el análisis económico se desarrolló a nivel municipal, para esto fueron construidos tres escenarios estadísticos y se estimaron los cambios en el número de casos de las enfermedades ante los cambios en precipitación y temperatura construidos por el IDEAM en los escenarios de cambio climático A2 y B2. Los costos económicos asociados a estos cambios se calcularon en función de los costos de tratamiento de la enfermedad, así como con aquellos costos indirectos asociados a pérdidas en productividad.

Como resultado del ejercicio se observó que los beneficios económicos son relativos, en función del nivel de efectividad de la estrategia de prevención elaborada en el componente, o en otras palabras, en función del número de casos que se podrían reducir con su aplicación. El análisis económico de los estudios de caso evidenció que buena parte de los costos requeridos para atender las enfermedades (malaria y dengue) de posible ocurrencia ante los escenarios de cambio climático, varían de manera diferenciada para todos los casos, aunque se destaca la reducción de los mismos para malaria en algunos municipios.

Al igual que para el caso de las medidas de adaptación de los componentes A, B y C, se estimó un escenario nacional para la aplicación de las medidas de adaptación en salud. Dicha estimación permite observar que los costos como consecuencia del incremento por el número de casos de malaria Vivax en el escenario climático A2 pueden ser demasiado altos para el país debido a la marcada relación entre el incremento en precipitación y el número de casos de la enfermedad. Los resultados económicos respecto al escenario B2 son mucho más moderados, aunque aún significativos. El incremento en el costo de malaria Vivax en este escenario puede ser cercano al 1.7% del PIB del año 2010, mientras que para malaria Falciparum y Dengue se ubican cercanos al 0.1 y 0.2% del PIB respectivamente.

## Ejecución financiera

### Ejecución presupuestal 2011

Teniendo en cuenta que el año 2011 es el último año de ejecución del proyecto, fue necesario ajustar el presupuesto del año 2010 el cual pasó de \$3.233.973.259 a \$2.751.677.977, es decir se redujo en la suma de \$482.295.281. Esta disminución obedece al ajuste por diferencia cambiaría en el saldo disponible del proyecto. Es de destacar que para las adquisiciones del año 2011 no se formuló un nuevo plan de adquisiciones sino que el plan de 2010 fue actualizado. Por lo tanto el componente E “Administración del proyecto”, bajo responsabilidad de CI continuó con el apoyo a la gestión del proyecto en el periodo 2010-2011 para lograr una de ejecución presupuestal a junio 2011 del 96% como se muestra en la **tabla 4**.

Año	Presupuestado	Real
2006-2007	3.000.000	1.471.667
2008	2.000.000	664.368
2009	300.000	987.605
2010	100.000	1.585.879
2011	0	563.946
<b>TOTAL</b>	<b>5.400.000</b>	<b>5.273.465</b>

Tabla 6. Cuadro desembolsos estimados vs realizados, Cifras en dólares de Estados Unidos

presentadas por CI por un monto de USD\$5.273.464 que representan el 97% de los recursos de la donación, equivalentes a COP \$10.798.213.541, convertidos a la tasa representativa de mercado vigente a la fecha de ingreso a la Cuenta Especial, según la **tabla 7**.

Componente	Presupuesto	Compromisos	% Ejec
A – Escenarios	245.864.090,00	243.009.836,00	99%
B - Alta Montaña	1.130.779.184,00	1.111.908.784,00	98%
C - Insular Oceánico	354.921.503,00	318.335.163,00	90%
C - Insular Continental	206.536.093,00	196.578.609,00	95%
D - Salud Humana	583.128.674,00	542.328.158,00	93%
E – Administración	230.448.433,21	215.756.388,39	94%
<b>Totales</b>	<b>2.751.677.977,21</b>	<b>2.627.916.938,39</b>	<b>96%</b>

Tabla4. Cuadro Ejecución presupuestal 2011, cifras en pesos colombianos

### Ejecución presupuestal acumulada

Con corte al 30 de Junio de 2011 el proyecto presenta una ejecución presupuestal acumulada de USD \$5.338.339.57. Esta ejecución equivale a un 99% de los USD \$5.4 millones de la donación. (**Tabla 5**)

Valor donación	Monto compromisos	%
\$ 5.400.000	\$ 5.338.339.57 (*)	99%

Tabla 5. Ejecución presupuestal acumulada al 31 de junio de 2011, (\*) Estimado una TRM de referencia de COP\$1.800 por dólar Cifras en dólares de Estados Unidos

### Desembolsos

Los recursos totales previstos son de US\$5.400.000. Al 30 de junio de 2011, se ha desembolsado la suma de USD \$5.273.465 que corresponde al 98% del total.

El comportamiento de los desembolsos presupuestados frente a los desembolsos reales es el mostrado en la **tabla 6**.

Con corte al 30 de junio de 2011 el Banco Mundial hizo efectivas las 22 solicitudes de desembolso que fueron

### Contrapartida

Del monto total de contrapartida que debe certificar el proyecto por la suma de USD \$6.1 millones, con corte al 30 de junio de 2011 los componentes han certificado la suma USD \$7.313.752 equivalente a un 120%<sup>20</sup>. A continuación se detalla el acumulado de contrapartida certificada por cada componente en la **tabla 8**.

<sup>20</sup> El monto que el INAP debe certificar por contrapartida se redujo de USD\$9.5 millones a USD\$6.1 millones previa aprobación de Walter Vergara, Task Manager del proyecto mediante correo electrónico del 31 de agosto de 2010.

SOLICITUD No	ANTICIPO	TOTAL	FECHA	TRM	PESOS
1	500.000	500.000	13/10/06	2.375	1.187.255.000
1A		1.253	18/10/06	2.359	2.956.978
2		353.864	13/08/07	2.007	710.130.737
3		460.843	23/06/08	1.679	773.672.378
4		198.618	12/08/08	1.822	361.833.898
5		171.670	20/10/08	2.272	390.030.306
6		346.904	5/12/08	2.323	805.955.693
7		82.884	29/12/08	2.205	182.754.385
8		386.739	17/02/09	2.510	970.521.155
9		125.324	9/04/09	2.388	299.286.674
10		86.323	22/05/09	2.207	190.480.702
11		118.016	26/06/09	2.189	258.277.982
12		58.408	10/08/09	1.997	116.640.675
13		149.540	13/10/09	1.857	277.728.060
14		83.255	1/12/09	1.998	166.379.990
15		373.512	5/02/10	1.984	741.108.086
16		368.731	13/05/10	1.966	725.058.094
17		214.319	9/07/10	1.890	404.978.790
18		162.805	23/09/10	1.804	293.652.799
19		265.939	30/11/10	1.917	509.794.505
20		200.573	7/12/10	1.890	379.033.229
21		439.110,90	7/03/11	1.890,23	830.020.604,90
22		124.834,71	29/04/11	1.767,64	220.662.819,71
<b>TOTAL</b>	<b>500.000</b>	<b>5.273.464</b>			<b>10.798.213.541</b>

Tabla 7. Cuadro detalle desembolsos del INAP con corte al 30 de junio de 2011

Componente	Contrapartida	Cofinanciación	Total	Acumulado	Ejec %
A – Escenarios	2.100.000	500.000	2.600.000	1.909.000	73%
B - Alta Montaña	400.000	500.000	900.000	1.187.442	132%
C - Insular Continental	400.000		400.000	391.198	98%
C - Insular Oceánico	700.000		700.000	807.194	115%
D - Salud Humana	1.200.000	100.000	1.300.000	2.571.335	198%
E - Administración		200.000	200.000	447.583	224%
<b>TOTAL</b>	<b>4.800.000</b>	<b>1.300.000</b>	<b>6.100.000</b>	<b>7.313.752</b>	<b>120%</b>

Tabla 8. Cuadro Reporte de Contrapartida INAP con corte al 31 de diciembre de 2010, cifras en dólares de los Estados Unidos

Ficha	Monto en COP	No Ctos
A - Escenarios	\$ 1.817.622.035	25
B - Alta Montaña	\$ 2.903.929.768	107
C - Insular Continental	\$ 1.167.042.055	35
C - Insular Oceánico	\$ 1.187.393.109	97
D - Salud Humana	\$ 1.597.944.890	72
E - Administración	\$ 710.961.389	11
Varias	\$ 431.660.813	4
<b>Grand Total</b>	<b>\$ 9.816.554.059</b>	<b>351</b>

Tabla 9. Cuadro Contratos suscritos por el INAP acumulado con corte al 30 de junio de 2011 (por componente)

Categoría	Monto en COP	No Ctos
Bienes	\$ 2.116.105.461	67
Obras civiles	\$ 337.380.457	6
Consultores individuales	\$ 5.030.103.576	162
Consultorías con firmas	\$ 1.636.409.633	13
Talleres y capacitación	\$ 329.803.211	17
Costos Operativos	\$ 356.573.202	83
Varios	\$ 10.178.519	3
<b>Grand Total</b>	<b>\$ 9.816.554.059</b>	<b>351</b>

Tabla 10. Cuadro Contratos suscritos por el INAP acumulado con corte al 30 de junio de 2011 (por categoría)

### Adquisiciones

A la fecha se han suscrito 352 contratos como se detalla en la **tabla 9** y la **tabla 10**.

### Sistema de monitoreo y evaluación

Esta herramienta ha permitido conocer mes a mes el estado de avance de las actividades del POA de cada componente. Ha comienzos de 2011 se implementaron los ajustes propuestos en el segundo semestre de 2010 tal como se indicó en el informe anterior.

### Auditoría y misión financiera

La auditoría financiera externa del proyecto para el período comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2010 fue adelantada por la firma BDO Audt S.A. la cual fue contratada de manera directa y financiada con recursos propios de CI Colombia. El informe incluye opiniones limpias sobre los estados de inversiones acumuladas consolidadas, el estado de solicitudes de desembolso y el estado de movimiento de la cuenta especial.

El 23 de junio de 2011, bajo la dirección de Jeannette Estupiñán, Especialista Financiera del Banco Mundial se llevó a cabo la misión financiera del Proyecto.





# **LECCIONES APRENDIDAS**



## Lecciones aprendidas

El proyecto INAP se ha constituido en un referente clave para la formulación de acciones de adaptación que permitan enfrenar los impactos del cambio climático en los ecosistemas más vulnerables del país y para la formulación de políticas públicas y planes relacionados con la adaptación al cambio climático. Adicionalmente, los logros del INAP pueden contribuir a nivel internacional en la formulación de proyectos de adaptación en donde el manejo ecosistémico es un elemento central de las propuestas de adaptación y en ecosistemas con características similares.

Las acciones de adaptación implementadas por el INAP son acciones de Adaptación Basada en Ecosistemas. En ellas se privilegian actividades de inversión orientadas hacia la investigación y modelación de sistemas ecológicos, el fortalecimiento de las áreas protegidas, marinas y terrestres, el establecimiento de redes de conectividad mediante actividades de restauración y conservación, la adaptación de sistemas productivos y la implementación de sistemas agroforestales, el ordenamiento territorial, la gestión integral del riesgo y el fortalecimiento de sistemas integrales de vigilancia y control de la salud pública, entre otros.

INAP ha contribuido en los procesos de elaboración de políticas públicas a nivel nacional, tal como la política nacional de cambio climático, algunas políticas sectoriales, especialmente la política hídrica nacional, y políticas y planes regionales y locales de ordenamiento territorial, así como los planes regionales de salud.

El esquema operativo que utilizó el INAP, es un sistema novedoso que permitió de manera exitosa la integración y apoyo tanto técnico como administrativo, entre las entidades públicas implementadoras del proyecto y CI Colombia, la cual se rige por el derecho privado y cuenta con prácticas comerciales internacionalmente aceptadas derivadas de su normativa y políticas. Este ha sido un factor importante para llevar a cabo en buen término, de manera oportuna y con versatilidad los procesos administrativos del proyecto, así como brindar el apoyo técnico necesario, para el logro de los objetivos y metas establecidas.

A continuación se presenta una síntesis de las principales lecciones aprendidas por componente:

### Componente A. Producción de información sobre clima, variabilidad climática y cambio climático como apoyo para la toma de decisiones

- La red de referencia para el Cambio Climático es la base para el estudio de la variabilidad y el cambio climático, y la elaboración de escenarios confiables que permitan el desarrollo de políticas

y acciones de adaptación sustentadas en el mejor conocimiento científico. Para tal efecto, esta red debe ser consolidada en el mediano y el largo plazo y debe fortalecerse de manera permanente con el fin de garantizar el suministro de datos confiables. Esta red debe ampliarse y la reingeniería de la misma debe ser un proceso permanente en el desarrollo institucional del IDEAM. La consolidación de la red de referencia debe incluir otras estaciones y parámetros complementarios, suministrados por otros sectores y entidades de carácter público y privado

- Se evidencia la necesidad de ampliar la red de referencia especialmente en centros urbanos en los cuales puede tener incidencia enfermedades como dengue y malaria, ya que las estaciones están ubicadas principalmente en los aeropuertos.
- El análisis de los impactos del cambio climático y la definición de acciones para abordarlos, hacen necesario articular la información generada tanto por estaciones terrestres como marinas. De esta forma, la información proveniente de las estaciones meteorológicas instaladas en el marco de este proyecto debe evaluarse de manera integral.
- Los escenarios de cambio climático elaborados por este componente, se constituyeron en la base para la elaboración de documentos de alta relevancia en la política nacional, como fue la 2ª. Comunicación Nacional ante la CMNUCC y la apertura de un diálogo con los diferentes sectores del país que según dicho estudio, pueden ser altamente vulnerables ante los impactos de la variabilidad y el cambio climático. De esta forma, las principales gestiones se han efectuado con los sectores agrícola, salud, hídrico y minero-energético, entre otros. El hecho que se haya efectuado este diálogo intersectorial no excluye la importancia de abordar el tema del CC de manera transversal e integral entre los mismos.
- Dado el avance permanente a nivel técnico y científico en el suministro de datos y metodologías de análisis de la variabilidad y el cambio climático, es prioritario garantizar un apoyo permanente de la comunidad científica nacional e internacional. La formación de capacidades en las instituciones públicas y privadas que tienen relación con el cambio climático, debe ser un proceso continuo como parte central del fortalecimiento institucional. Para tal efecto es importante el vínculo con las Universidades y así garantizar la permanencia de profesionales del más alto nivel.

### Componente B. Diseño e implementación de un programa de adaptación para garantizar el mantenimiento de los servicios ambientales en el macizo de chingaza.

- El análisis de los datos climatológicos ha demostrado la alta vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña y páramo ante el cambio climático, de forma similar a otras zonas de montaña presentes a nivel global. Se hace necesario fortalecer estas investigaciones, evaluar el impacto sobre la biodiversidad e iniciar el escalamiento de las medidas de adaptación en territorios que tengan condiciones similares al INAP, con el fin de garantizar el mantenimiento de servicios eco sistémicos tales como la regulación hidrológica y el suministro de agua a centros urbanos.
- El Enfoque Ecosistémico y las metodologías de investigación-acción participativas y de educación ambiental, son claves en el diseño e implementación de acciones integrales de adaptación.
- La formulación e implementación de las medidas de adaptación es un proceso complejo, interdisciplinario e intercultural. Requiere de una alta participación social, aspecto que debe ser valorado apropiadamente y considerado como un costo a incluir en la formulación de los proyectos.
- Se debe contar con una línea base apropiada, a nivel espacial y temporal, indicando la vulnerabilidad de los ecosistemas y la población que depende de sus servicios. El uso de la clasificación de los servicios ecosistémicos de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio es apropiada para cumplir con este objetivo.
- Las medidas de adaptación deben basarse en la mejor ciencia disponible, complementada con conocimientos tradicionales de las comunidades locales. Para tal efecto, es relevante considerar metodologías de diálogo de saberes.
- La implementación de las medidas de adaptación es un proceso que va de abajo hacia arriba, requiere del desarrollo y el fortalecimiento de instituciones locales y la creación de espacios que permitan el diálogo e intercambio de información entre los sectores y actores relevantes. En este sentido los “Planes de Vida Adaptativos” creados por las comunidades locales, constituyen un ejemplo apropiado para la generación de una institucionalidad al nivel más bajo de la organización social, y a su vez son un mecanismo para reducir la vulnerabilidad y consolidación del territorio.
- La reducción de la vulnerabilidad incluye acciones de planificación que van desde El Ordenamiento Territorial y los planes de ordenación de cuencas, y su articulación con la gestión integral del riesgo. Estos son los escenarios de planificación más

importantes a nivel local y regional, para involucrar la adaptación en la gestión del desarrollo.

- La adaptación al cambio climático debe reconocer que la implementación de las medidas de adaptación constituyen procesos culturales.
- La sostenibilidad de las medidas de adaptación requiere de acciones de soporte como la educación, la investigación, el fortalecimiento de la institucionalidad y la organización social a nivel local.
- La existencia de múltiples instrumentos de planificación del territorio (planes de manejo de páramos, planes de manejo de humedales, planes de ordenación de cuencas hidrográficas, planes de manejo de áreas protegidas, etc.) puede dificultar la implementación de acciones de adaptación. Es fundamental lograr la articulación de estos instrumentos.
- La implementación de medidas de adaptación que incluyen más de un ente territorial, se enfrenta a las diferencias entre intereses particulares frente a sus actividades de desarrollo, las cuales no siempre son compatibles. Adicionalmente es importante incluir otros sectores en el proceso.
- La consolidación de las medidas de adaptación requiere de un mejoramiento permanente de los modelos, incluyendo escenarios de cambio climático, modelos hidrológicos, del carbono, entre otros.
- Es necesario garantizar siempre el respaldo de la mejor ciencia disponible. Para esto se debe involucrar, desde la formulación de los proyectos, a la academia y los centros de investigación.

### Componente C. Diseño e implementación de un programa de adaptación en las áreas insulares del caribe colombiano

- El Sistema de Observación Global de los Océanos para el Caribe sur occidental –GOOS, es una herramienta importante para apoyar la definición e implementación de medidas de adaptación en zonas costeras e insulares. El GOOS ha permitido analizar información con la cual antes no se contaba como son condiciones propias del evento “La Niña”, el paso del Huracán Tomas a 300 millas de la estación isla Tesoro y dos frentes fríos captados por los sensores de la estación de Johnny Cay; así mismo se han diferenciado eventos climáticos característicos con ocurrencia estacional; todo ello ha sido insumo para conocer el comportamiento de variables climáticas y oceánicas en la región.

- Los datos obtenidos de las estaciones automáticas presentan una clara correlación con las mediciones históricas mundiales; por tanto es de importancia dar continuidad a las investigaciones del clima marino nacional y regional mediante la observación y análisis de series de tiempo más extensas cuyo análisis será la base para la toma de decisiones frente a proyectos de adaptación y medidas de contingencia.
- Las condiciones extremas de las áreas en donde fueron instaladas las estaciones y el proceso de calibración de los equipos y análisis de datos, han aportado experiencia para la instalación, operación y mantenimiento de estaciones automáticas marinas, generando igualmente capacidad técnica e institucional.
- Dada la escasez de proveedores que manejan instrumental marino en el país, quedan tecnologías y equipos nuevos por probar en el futuro cercano para mejorar especialmente lo relacionado con instrumental que requiera mantenimientos menos periódicos y más efectivos. La poca experiencia con que cuenta el país en el manejo y la difícil adaptación tecnológica de los instrumentos de medición, hacen que los costos para las actividades de calibración, toma y análisis de la información sean más elevados que los presupuestados inicialmente.
- Los efectos del cambio climático sobre las comunidades coralinas se han abordado a través del análisis del comportamiento de las variables atmosféricas sobre el ambiente marino. Los resultados preliminares son un insumo para futuras investigaciones de las asociaciones de eventos climáticos y condiciones ambientales de los arrecifes de coral. Es necesario profundizar en los estudios de las coberturas de coral frente al comportamiento de algunas series de tiempo íntegramente relacionadas a su bienestar, como temperatura superficial del mar, luminosidad, pH, salinidad considerando series de tiempo más extensas. Esto puede permitir determinar comportamientos cíclicos o patrones de cambio frente a afectaciones producto del cambio climático.
- El monitoreo de los arrecifes coralinos es una de las principales herramientas para evaluar su deterioro gradual y generalizado, y determinar así los cambios y posibles consecuencias del cambio climático en estos ecosistemas. El proyecto permitió fortalecer estas acciones y generar información nueva para determinar estrategias de manejo. De las tres áreas coralinas evaluadas (islas del Rosario, islas de San Bernardo e isla Fuerte), la de islas del Rosario parece presentar los mayores signos de degradación ante la marcada disminución en la cobertura de tejido coralino observada en la última década (aproximadamente el 10%).
- La instalación de dispositivos electrónicos (HOBOS) en los arrecifes coralinos del AMP-CRSBeIF para la medición continua de la temperatura y luminosidad, ha permitido registrar y almacenar información sobre la dinámica y funcionamiento del arrecife. La participación de la comunidad local garantiza de alguna manera la permanencia y funcionamiento de las estaciones. Así mismo, la experiencia adquirida en este proyecto ha permitido fortalecer los conocimientos y desarrollar protocolos adicionales para la identificación de áreas especiales y construir resiliencia en los corales.
- La ubicación de los instrumentos de registro y toma de datos es un elemento esencial para garantizar la calidad de la información obtenida y la facilidad en los procesos de mantenimiento, lo cual tiene una incidencia directa en los costos de la operación.
- La información suministrada por los dispositivos electrónicos desde 2002 y recientemente a través de este proyecto, ha sido información primaria utilizada por la comunidad científica de diferentes sectores del país, principalmente, por ser el único monitoreo de temperatura y ahora intensidad lumínica medido en diferentes escalas espaciales directamente en el arrecife (entre 3-10 m de profundidad en diferentes complejos arrecifales).
- La demarcación de isla Rosario como zona “intangible” al interior del AMP-CRSBeIF es una herramienta importante en la protección de un área potencialmente resiliente con elevada biodiversidad, buen estado de conservación y baja influencia de tensores naturales y antrópicos.
- La incorporación de medidas de adaptación al cambio climático en las herramientas de planificación para el manejo de estos ecosistemas se ha considerado un reto fundamental y de carácter urgente.
- Los lineamientos de manejo, como estrategia de adaptación, requieren de la formulación de proyectos piloto de investigación que permitan comprender, como las medidas de manejo frente al cambio climático pueden ser efectivamente implementadas y que debe ser modificado.
- La implementación del proyecto INAP permitió fortalecer y dar continuidad a iniciativas que venían en marcha, es el caso del programa SIMAC, que desde 1998 tenía con los distintos públicos y actores relevantes.
- La implementación de los Sistemas Integrados de Manejo de Agua (SMIAs) responde a un trabajo conjunto donde se combina la asistencia técnica y la organización de las comunidades, lo que favoreció el éxito de los proyectos en las áreas donde fueron establecidos. Estos sistemas han motivado un cambio conceptual en la administración de gobierno local sobre los modelos de infraestructura

de saneamiento básico. Por su simplicidad puede ser replicados en cualquier lugar geográfico con condiciones de vulnerabilidad hídrica y en cualquier tipo de sociedades y/o culturas.

- No se requiere de tecnología de punta para resolver necesidades básicas de las comunidades, sino retomar conocimientos ancestrales con buenas prácticas ambientales y combinarlos con conocimientos técnicos modernos para generar soluciones de bajo costo, simples y al alcance de grupos menos favorecidos y vulnerables de la población.
- El mejoramiento de la capacidad institucional de CORALINA se construyó no sólo a partir de procesos internos que influenciaron la gestión de la Entidad, sino también de la reciprocidad y aprendizajes que se generaron a partir de los procesos comunitarios inherentes del desarrollo del proyecto. Las comunidades concientizadas en nivel de riesgo y cambio climático son muy receptivas y se vuelven proactivas en cambiar y adaptar sus sistemas de vida para mejorar su supervivencia.
- Las costumbres ancestrales en la prevención de desastres, la cultura de recolección del agua lluvia, la cultura de sembrar árboles, y otras manifestaciones que se encontraban totalmente desestimadas o extintas se retomaron en algunas de las actividades del proyecto lo que generó mayor confianza y motivación de las comunidades.
- Las experiencias piloto son válidas en la medida que existan mecanismos humanos y financieros para incrementar la escala de gestión y gobernanza y generar impactos a nivel de región; la coordinación interinstitucional juega un papel fundamental.

#### **Componente D. Respuesta al incremento de la exposición de vectores de enfermedades tropicales (malaria y dengue) inducidos por el cambio climático**

- El compromiso político institucional del sector es de vital importancia para poder dar sostenibilidad y continuidad a las estrategias de adaptación. No debe ser solamente un compromiso de los profesionales vinculados a una institución porque antes cambios directivos que conlleven cambios en la planta de profesionales, se puede perder la línea de trabajo. Por ello se debe buscar desde el inicio un "ancla" institucional, como son acuerdos, convenios y mejor aun incorporación en las políticas, planes y proyectos a mediano y largo plazo de la institución.
- El proyecto INAP generó el espacio para que el sector salud iniciara el proceso para incluir el cambio Climático como un elemento a considerar y tener en cuenta como determinante actual y futuro

de la salud, y en consecuencia en la planeación de programas y políticas de salud.

- La creación y trabajo de grupos multidisciplinarios genera espacios de diálogo y acercamiento con diferentes disciplinas del conocimiento y permite construir e implementar acciones con mayores elementos de juicio. Esto generó igualmente vínculos y alianzas institucionales clave para el desarrollo de otras acciones así como que otros sectores tuvieran en cuenta los efectos en salud, en el diseño e implementación de medidas de adaptación a Cambio Climático.
- Es necesario darle mayor relevancia y apoyo al impacto del cambio climático sobre la salud humana, ya que dada la situación generalmente de emergencia que vive el sector salud, temas como estos muchas veces no son considerados con prioridad.
- En todos los sectores el factor económico es de gran importancia para la toma de decisiones. Al presentarse nuevos eventos, como los producidos por el cambio climático, que plantean retos con posibles consecuencias negativas, el tener estimaciones del costo-beneficio de las medidas de adaptación se convierten en herramientas para apoyar la toma de decisiones.
- El tema de cambio climático y salud debe tener una visión más amplia ya que existen complejas interacciones de la salud con el medio, se generan necesidades de información no contempladas previamente tanto al interior del mismo sector salud como la necesidad de obtener información de otros sectores.
- Se debe incitar la formación de profesionales que integren varias disciplinas y generar espacios de reconocimiento entre sectores. El proyecto INAP avanzó ampliamente en este tema lo cual permitió una definición preliminar del horizonte de trabajo en Cambio Climático y salud.
- Dado el largo plazo en el que generalmente se trabaja al referirse al cambio climático (30 años) no es fácil conseguir el compromiso institucional por los intereses a mediano y corto plazo en la planeación de las actividades, adicional a la situación generalmente de emergencia que vive el sector salud y lleva a que temas como estos no sean considerados una prioridad. En este sentido, como posible solución está la gestión (presión) que otros sectores pueden ejercer para que se genere un compromiso. Adicionalmente se debe transmitir el mensaje que al hablar del impacto del cambio climático debemos entender primero el papel de la variabilidad climática en la salud y saber responder a la misma. Dado el corto plazo del impacto de la variabilidad climática, se logra tanto atender los intereses políticos de corto plazo, como obtener

soluciones a problemas de salud afectados por la variabilidad climática y en el largo plazo disminuir así la vulnerabilidad a cambio climático.

- Los sistemas de información de cada sector fueron diseñados, en la mayoría de los casos, solo para atender las necesidades específicas de ese sector. Tal es el caso tanto del sistema de Vigilancia epidemiológico como de la red de meteorología. Al trabajar en cambio climático, donde se debe tener una visión más amplia y donde se reflejan las complejas interacciones de la salud con el medio, se generan necesidades de información no contempladas previamente tanto al interior del mismo sector, como la necesidad de obtener información por parte de otros sectores. Es así como al intentar correlacionar datos que dependiendo del sistema pueden tener características específicas, se dificulta la obtención de resultados. Como se menciona este es el caso de los sistemas de información de vigilancia epidemiológico y el de meteorología. Donde tanto la temporalidad como la definición geográfica es distinta.

obligaciones o pago a terceros del proyecto INAP; CI Colombia ha cubierto estas obligaciones con recursos propios hasta el recibo del desembolso por parte del Banco.

- El uso de medios y otras formas de comunicación durante el proceso, es relevante y debe mejorarse. La disseminación de los resultados debe incluirse como un costo adicional del proyecto.
- Debido a la alta complejidad de los proyectos piloto es difícil valorar de forma apropiada todos los componentes sociales, culturales y ecológicos que forman parte de las medidas de adaptación. En este sentido, existen limitaciones para establecer el beneficio de las medidas de adaptación.

Es importante contar con elementos de control interno en los distintos procesos de los proyectos; en este sentido las auditorías externas, misiones financieras de los financiadores y las revisiones ex - post de adquisiciones se convierten en herramientas de apoyo a la gestión.

### Componente E. Administración

- Las buenas relaciones interinstitucionales son la base para que los procesos administrativos y técnicos funcionen adecuadamente; el equipo profesional de cada institución ha garantizado este aspecto lo que permite el desarrollo adecuado de las actividades del proyecto.
- Si bien se presentan inconvenientes de tipo técnico, administrativo y legal, como es lógico en este tipo de proyectos, los mismos fueron detectados y superados gracias a las herramientas de seguimiento que se implementaron para el proyecto.
- Los procesos administrativos se deben ceñir a las dinámicas y procedimientos de los financiadores, en este sentido muchas veces se generan inconvenientes con los tiempos de ejecución de actividades.
- La estructura organizacional de CI Colombia, entidad que se rige por el derecho privado y con prácticas comerciales internacionalmente aceptadas derivadas de su normativa y políticas de su casa matriz ha sido un factor importante para llevar a cabo en buen término, de manera oportuna y con versatilidad los procesos administrativos del proyecto.
- La capacidad, experiencia y respaldo de una organización en el manejo de proyectos y fondos internacionales es definitiva en el avance de los proyectos; es así como en situaciones en donde no se conto de manera oportuna con el desembolso de los recursos internacionales, para cubrir las





# **BIBLIOGRAFÍA**



## Bibliografía

- Alonso, D. y P. Castillo (Eds). 2007. Plan de manejo del Área Marina Protegida de los Archipiélagos del Rosario y San Bernardo. INVEMAR-MAVDT-UAESPNN-INCODER-CARSUCRE-CARDIQUE-EPA CARTAGENA –DIMAR. Santa Marta, Colombia, 159p.
- Alonso, D., L.F. Ramírez, C. Segura-Quintero, P. Castillo-Torres, J.M. Díaz y T. Walschburger. 2008. Prioridades de conservación in situ para la biodiversidad marina y costera de la plataforma continental del Caribe y Pacífico colombiano. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, The Nature Conservancy – TNC y Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques nacionales Naturales –UAESPNN. Santa Marta, Colombia, 20 p.
- Alterio H, Niño. L.M. 2010. Impacto económico de la implementación de sistemas agroforestales en la Cuenca del Río Blanco – Macizo de Chingaza en el marco del proyecto INAP.
- Andrade Pérez, A., Herrera Fernandez, B. and Cazzolla Gatti, R. (eds.) (2010). Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. Gland, Switzerland: IUCN. Chapter 2: Andrade Pérez, A.; Mercedes Medina, M.; Schutze Páez, K. and Ville Triana. Ecosystem – Based Adaptation : Lessons from the Chingaza Massif in the High Mountain Ecosystem of Colombia.
- Andrade Pérez Ángela (ed), 2007. Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica. CEM-UICN. Bogotá Colombia.
- Andrade, C. y E. Barton. 2000. Eddy development and motion in the Caribbean Sea. *Journal of Geophysical Research*, C11 (105): 26.191-26.201.
- Andrade, C. y E. Barton. 2005. The Guajira upwelling system. *Continental Shelf Research*. 24:1003-1022.
- CCSP. 2008. Preliminary review of adaptation options for climate-sensitive ecosystems and resources. A Report by the U.S. Climate Change Science Program and the Subcommittee on Global Change Research [Julius, S.H., J.M. West (Eds), J.S. Baron, B. Griffith, L.A. Joyce, P. Kareiva, B.D. Keller, M.A. Palmer, C.H. Peterson, and J.M. Scott (Autores)] U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. 873 p.
- Chaparro J. A. y Jaramillo O. 2002. Impactos Socio Ambientales del Ascenso del Nivel del Mar en la Isla de San Andrés. *Geo Praxis*., Bogotá. (1): 70 – 74
- Chiappone, M. (Ed). 2001. Coral reef conservation in Marine Protected Areas: a case study of Parque Nacional del Este, Dominican Republic. The Nature Conservancy, Publications for Capacity Building, Virginia, USA. 244 p.
- Corporación Suna Hisca, 2009. Caracterización de los sistemas productivos, su representatividad y su relación e influencia con las áreas de bosque altoandino y páramo en la cuenca del Río Blanco, Macizo de Chingaza
- Cuatrecasas, J.M. 1986. Speciation and radiation of the Espeletinae in the Andes. Pp. 267-303
- Curtis, S. y D. W. Gamble. 2008, Regional variations of the Caribbean mid-summer drought, *Theor. Appl. Climatol.*, 94: 25-34, DOI 10.1007/s00704-007-0342-0
- Díaz, J.M., L.M. Barrios, M.H. Cendales, J. Garzón-Ferreira, J. Geister, M. López-Victoria, G.H. Ospina, F. Parra-Velandia, J. Pinzón, B. Vargas-Angel, F. Zapata, S. Zea. 2000. Áreas coralinas de Colombia.
- EPAM E.S.P (2010) "Caracterización y Diagnóstico de las Coberturas de la Tierra y Uso del Suelo en la Cuenca del Río Blanco y la Formulación e Implementación de una Estrategia de Restauración Ecológica del Paisaje.
- Flórez C. 1992. Movilidad altitudinal de páramos y glaciares en los Andes colombianos. Congreso Mundial de Páramos, Memorias. Paipa, Boyacá. p. 30
- Fondo mundial Para La Naturaleza. El origen del cambio climático 2011.
- [http://www.wwf.es/que\\_hacemos/cambio\\_climatico/causas/](http://www.wwf.es/que_hacemos/cambio_climatico/causas/)
- Francés F y Velez, J. Descripción del modelo conceptual distribuido de simulación hidrológica tetis v. 6. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Valencia, Mayo de 2004.
- Garzón-Ferreira, J., M.C. Reyes-Nivia y A. Rodríguez-Ramírez. 2002a. Manual de métodos del SIMAC-Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. INVEMAR, Santa Marta. 102p.
- Hill, J., C. Wilkinson. 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs. *Australian Institute of Marine Science – Reef-Check*. 117 p.
- Hoegh-Guldberg O. 1999. Climate change, coral bleaching, and the future of the world's coral reefs. *Marine Freshwater Research* 50: 839-866.
- Hughes TP. 1994. Catastrophes, phase shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551.
- Hughes, T.P. D.R. Bellwood, C. Folke, L. McCook y J.M. Pandolfi. 2006. No-take areas, herbivory and coral reef resilience. *Trends in Ecology and Evolution* 22 (1): 1-3.
- IDEAM (ed), 2010. Segunda comunicación Nacional ante la Conversión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Bogotá, Colombia, 447p.

IDEAM, 2002. Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor. Bogotá, Colombia.

IDEAM, 2009, Contrato de Consultoría CC-INAP-104-09. Caracterización preliminar del ciclo del carbono.

IDEAM, 2009. Contrato de Consultoría CC-INAP-104-09. Instructivo para el monitoreo y evaluación del ciclo del carbono en la vegetación y suelos de ecosistemas de alta montaña”.

IDEAM, 2009. Contrato de Consultoría CC-INAP-104-09. Metodología para la captura de información de carbono en los sistemas productivos y su integración en el monitoreo del ciclo de carbono

IDEAM, CIAT, 2006. Diseño del protocolo para la caracterización de los ciclos de carbono y agua en ecosistemas de alta montaña. Bogotá, Colombia.

IDEAM, José Franklyn Ruiz Murcia, 2007. Escenarios de cambio climático, algunos modelos y Resultados <http://www.cambioclimatico.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1371>.

IDEAM, José Franklyn Ruiz Murcia, 2010. “Resumen ejecutivo sobre escenarios de cambio climático” en <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1074>.

IDEAM, José Franklyn Ruiz Murcia, 2010. Nota técnica, “Cambio climático en temperatura, precipitación y humedad relativa para Colombia usando modelos meteorológicos de alta resolución (panorama 2011-2100)” <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?IServicio=Publicaciones&ITipo=publicaciones&IFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1074>.

IDEAM, Universidad Nacional de Medellín, 2007. Desarrollo de una estrategia de modelación que permita simular la dinámica de los ciclos del agua y del carbono en ecosistemas de alta montaña en Colombia ante cambios en el régimen climático. 273 p

IDEAM. 2001. Colombia, Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. MINAMBIENTE, IDEAM, PNUD. 307 p.

INVEMAR, 2003. Programa Holandés de Asistencia para estudios en Cambio Climático: Colombia. Definición de la vulnerabilidad de los sistemas bio-geofísicos y socioeconómicos debido a un cambio en el nivel del mar en la zona costera colombiana (Caribe, Insular y Pacífico) y medidas para su adaptación. Resumen ejecutivo. Santa Marta, Colombia. 89p.

INVEMAR. Serie publicaciones especiales No. 5. Santa Marta. 176 p.

INVEMAR-UAESPNN-TNC. 2008. Análisis de vacíos de y propuesta del sistema representativo de áreas marinas protegidas para Colombia. Informe técnico final. Alonso, D., Ramirez, L., Segura-Quintero, C. y P. Castillo-Torres. (Eds). Santa Marta, Colombia. 64 pp. + anexos.

IPCC 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. Tercer Informe de evaluación de Cambio climático: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Documento resumen para responsables de políticas y resumen técnico. Nairobi, 101p.

IPCC 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cuarto Informe de evaluación de Cambio climático: Informe de síntesis Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.) Ginebra Suiza pp 104

IPCC. 1995. Intergovernmental Panel on Climate Change. Las dimensiones económicas y sociales del cambio climático. Informe del Grupo III del IPCC.

Jones, PD, Mann, ME, clima durante los últimos milenios, los exámenes de Geofísica, de 42 años, RG2002, doi: 10.1029/2003RG000143 de 2004.

MAVDT, IDEAM. Páramos y Ecosistemas Alto Andinos de Colombia en Condición HotSpot & Global Climatic Tensor. Bogotá, 2002.

Morales M., Otero j., Van der Hammen T., Torres A., Cadena C., Pedraza C., Rodríguez N., Franco C., Betancourth J.C., Olaya E., Posada E., y Cardenas L., 2007 Atlas de Páramos de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. 208 p.

NCEP-NCAR, 2010. Physical Sciences Division of NOAA. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/reanalysis/>. Fecha de consulta enero de 2010.

Nicholls, R. 2004. Coastal flooding and wetland loss in the 21st century: changes under the SRES climate and socio-economic scenarios. Global Environmental Change, UK 14(1):p. 69–86.

Pineda I.J., Martínez Whisgman L.A. Bedoya D. y J.A. Rojas. 2006 Plan de manejo del Parque Nacional Natural Corales del Rosario y San Bernardo. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales-UAESPNN (Territorial Caribe). Cartagena. 371p.

Plan Nacional de Desarrollo 2010–2014, Prosperidad para todos

<http://www.dnp.gov.co/PND/PND20102014.aspx>.

Rengifo, L.M. Franco-Maya, J.D. Amaya-Espinel, G.H. Kattan y B.López-Lanus(eds). 2002. Libro rojo de aves de Colombia. Serie libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Instituto de investigaciones de recursos

biológicos Alexander von Humboldt y Ministerio de Medio Ambiente. Bogotá, D.C. Colombia.

Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá, Consejo de Bogotá, 2006. Acuerdo 248 de 2006. Por el cual se modifica el estatuto general de protección ambiental del distrito capital y se dictan otras disposiciones.

Sguerra, S., P. Bejarano., O. Rodríguez, J. Blanco, O. Jaramillo, G. Sanclemente. 2011. "Corredor de

Conservación Chingaza – Sumapaz – Guerrero. Resultados del Diseño y Lineamientos de Acción".

Conservación Internacional Colombia y Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP. Bogotá, Colombia. 184 pp.

The World Bank. 2006. Proposed grant from the global environmental facility trust fund in the amount of US\$5.4 Million for the benefit of the republic of Colombia through Conservation International Colombia, for the Integrated National Adaptation Project. Report No. 34058-CO, Colombia 111p.

Tobón, Conrado, y Eydith G Gil Morales. «Capacidad De Interceptación De La Niebla Por La Vegetación De Los Páramos Andinos.» Avances En Recursos Hídricos Número 15 ISSN 0121 5701, 2007: 35-46.

UNFCCC.1998. United Nations Framework Convention on Climate Change. Report of the conference of the parties on third session, held at Kyoto 1997. Kyoto, 60p.

Van der Hammen T, y A.M. Cleef. 1986. Development of the high Andean paramo flora and vegetation. Pp 153-201.

Vega-Sequeda, J., R. Navas-Camacho, K. Gómez-Campo y T. López-Londoño. In press. Instalación y evaluación de nuevas estaciones de monitoreo de arrecifes coralinos en el Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras.

Wilches, G. (2008). Enfoque y metodología para la evaluación y armonización de las políticas de erradicación de pobreza, cambio climático y política hídrica nacional. Bogotá, D.C: PNUD.

Wilkinson, C. 2008. Status of Coral Reefs of the World: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network, and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia. 296 p.

World Health Organization, World Malaria Report 2010.

