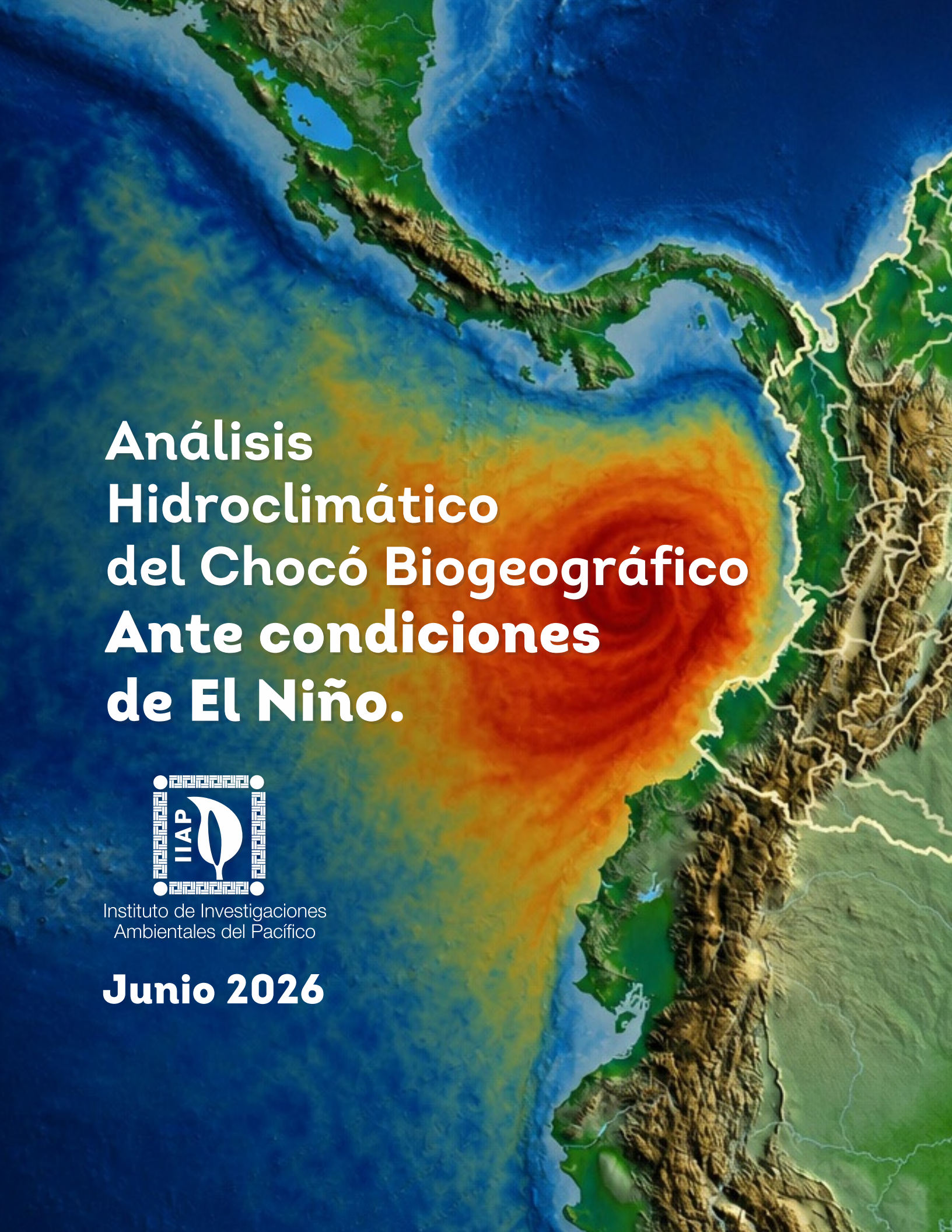


# Análisis Hidroclimático del Chocó Biogeográfico Ante condiciones de El Niño.

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico

**Junio 2026**

# Análisis Hidroclimático del Chocó Biogeográfico Ante condiciones de El Niño.

Instituto de Investigaciones
Ambientales del Pacífico

**Junio 2026**

# Créditos

## INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACÍFICO

**WILLIAM KLINGER BRAHAN**
Director General

**GIOVANNY RAMÍREZ MORENO**
Subdirector de Investigaciones

**FANNY ABADIA JARAMILLO**
Subdirector administrativo y Financiero

**HARBY SUCRE MURILLO**
Jefe Oficina Asesora de Planeación

**MANUEL ANDRADE**
Jefe Oficina de Control Interno

**SATÚ DEL PILAR LOZANO MAYA**
Secretaria General y Jurídica

**JIMMY LLOREDA MOSQUERA**
Jefe Oficina TIC

**MARÍA BRENILDE URIBE LEMUS**
Jefe Oficina de Comunicaciones

### GESTORES SUBREGIONALES

**OMAR GRUESO**
Cauca

**JENNEIFER ROMAN**
Valle de Cauca

**CESAR QUIÑONES**
Nariño

**JULIA DEL CARMEN PALACIOS LLOREDA**
Enlace en Bogotá

### INVESTIGADORES PRINCIPALES

**MOISÉS MOSQUERA**
Componente Productivo

**CARLOS ARIEL RENTERÍA**
Componente Sociocultural

**LADY VARGAS PORRAS**
Componente Ambiental

**ZULMARY VALOYES CARDOZO**
Componente Ecosistémico

### LABORATORIO DE DATOS

**EDSSON NAGLE RAMÍREZ**
**PEDRO RODRÍGUEZ DÍAZ**
**LENYN STIWAR MOSQUERA**
**EDDY YAIR CHAVERRA**
**JANUAR ASPRILLA**
**YEISON ANDRES LAGAREJO**

### INVESTIGADORES ASOCIADOS

COMPONENTE PRODUCTIVO
**JOVANNY MOSQUERA PINO**
**MIRLA PEREA MURILLO**
**SAMIA YISELLA MOSQUERA RAMÍREZ**
**ROBINSON STEWART MOSQUERA MOSQUERA**
**WILBER MORENO RAMÍREZ**

COMPONENTE SOCIOCULTURAL
**YOJHANA MURILLO**
**WILMAR CANO**

COMPONENTE AMBIENTAL
**ZORAIDA QUESADA**
**YIRLESA MURILLO**
**FAIRY MEDINA**

COMPONENTE ECOSISTÉMICO
**ERIC YAIR CUESTA RÍOS**
**ELADIO RENTERÍA**
**LUIS JAVIER MOSQUERA**
**REIMER RENGIFO**
**YISKAR DAMIAN MURILLO ASPRILLA**

APOYOS SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES Y COMUNICACIONES
**ANA ELIZABETH MORENO DÍAZ**
**SILVIO ALEXANDER ROMAÑA**
**IVON VIVIANA CLEVEL MONTES**
**MAGDA LOURIDO PERDOMO**

# AUTORES POR CAPÍTULO

CAPITULO 1
**LENYN STIWAR MOSQUERA SALCEDO**
**EDSSON JAFFERT NAGLE RAMÍREZ**
**GIOVANNY RAMÍREZ MORENO**
**PEDRO ESTEBAN RODRÍGUEZ DÍAZ**
**WILLIAM KLINGER BRAHAM**

CAPÍTULO 2
**LADY VARGAS PORRAS**
**ZORAIDA QUESADA MARTÍNEZ**
**GIOVANNY RAMÍREZ MORENO**
**WILLIAM KLINGER BRAHAM**

CAPÍTULO 3
**ZULMARY VALOYES CARDOZO**
**GIOVANNY RAMÍREZ MORENO**
**ARMANDO ORTEGA LARA**
**WILLIAM KLINGER BRAHAM**

CAPÍTULO 4
**MOISÉS MOSQUERA GIOVANNY RAMÍREZ MORENO WILLIAM KLINGER BRAHAM**

CAPÍTULO 5
**CARLOS ARIEL RENTERÍA**
**WILMAN ALEXANDER CANO LOPEZ GIOVANNY RAMÍREZ MORENO**
**WILLIAM KLINGER BRAHAM**

**REVISIÓN Y APROBACIÓN**

**WILLIAM KLINGER BRAHAM**
Director General

**GIOVANNY RAMÍREZ MORENO**
Subdirector de Investigaciones

DIAGRAMACIÓN

**MARÍA BRENILDE URIBE LEMOS**
**MAGDA LOURIDO PERDOMO**
**IVON VIVIANA CLEVEL MONTES**

SERIE APORTES AL CONOCIMIENTO DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO
**GIOVANNY RAMÍREZ MORENO**
**WILLIAM KLINGER BRAHAM**
Editores

## GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

CONOCIMIENTO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

BIODIVERSIDAD Y ETNODESARROLLO EN EL PACÍFICO COLOMBIANO

SISTEMAS PRODUCTIVOS TRADICIONALES, CULTURA Y SABERES ANCESTRALES DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

COMUNIDADES ÉTNICAS Y SABERES DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

GEOINFORMÁTICA APLICADA AL MEDIO AMBIENTE

## ÓRGANOS DE DIRECCIÓN MIEMBROS ASAMBLEA GENERAL

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt"

Corporación Regional de Risaralda – CARDER

Corporación Autónoma Regional del Chocó- CODECHOCO

Universidad Nacional de Colombia

Universidad de Antioquía

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM

Comunidades Negras

Comunidades Indígenas

ONGS

## MIEMBROS JUNTA DIRECTIVA

**CARLOS CORREA - SUSANA MUHAMAD**
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**HERNANDO GARCÍA MARTÍNEZ**
Instituto Humboldt

**LUIS ARTURO ARROYAVE**
**JULIO CÉSAR GÓMEZ**
CARDER

**ARNOLD ALEXANDER RINCÓN LÓPEZ**
CODECHOCO

**DOLLY MONTOYA CASTAÑO - JOHN SELVARAJj**
Universidad Nacional de Colombia

**JAIRO LEÓN ZAPATA**
Universidad de Antioquia

**ROSA EMILIA SOLIS GRUESO**
Representante de las Comunidades Negras Valle

**ROBERTINO RIASCOS RIASCOS**
Representante de las Comunidades Negras Cauca

**JOSE ARISTARCO MOSQUERA MOSQUERA**
Representante de las Comunidades Negras Chocó

**YORGI CORTES TAYCUS**
Representante de las Comunidades Negras Nariño

**ANA TERESA VERGARA CASAMA**
Representante de las Comunidades Indígenas

**JOSÉ DE LOS SANTOS CHIRIMÍA**
Representante de las Comunidades Indígenas

**FRANCISCO JAVIER CORTÉS**
Representante de las Comunidades Indígenas

**MARIO BANUBI CHARAMPIA**
Representante de las Comunidades Indígenas

**GUILLERMO ALVAREZ DEL PINO**
Representante ONGs

# Contenido

**Introducción** 13
**Metodología** 15
**Regionalización territorial para interpretar El Niño** 19
**Índice ONI: cómo se identifica un evento El Niño** 22

**CAPITULO 1. ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO** 25

**1.1.** Línea base climática: dónde y cuánto llueve normalmente 27
**1.2.** Precipitación por paisaje: una señal territorial diferenciada 33
**1.3.** Climatología mensual y concepto de anomalía 38
**1.4.** Comportamiento histórico durante eventos El Niño recientes 42
**1.4.1.** 2014, inicio del evento 2014–2016: primeras señales de alteración hidroclimática 45
**1.4.2.** 2015, el año crítico: anomalías de precipitación durante 50
**1.4.3.** 2016, cierre del evento 2014–2016 54
**1.4.4.** 2018, señal moderada de El Niño 59
**1.4.5.** 2019, señal moderada con impactos territoriales visibles 63
**1.4.6.** 2023, inicio del evento 2023–2024: reactivación de condiciones cálidas del Pacífico 69
**1.4.7.** 2024, continuidad del evento 2023–2024: respuestas territoriales diferenciadas 76
**1.5.** Indicadores de continuidad hídrica: CDD y CWD 82
**1.5.1.** Rachas secas mensuales: CDD por zona 84
**1.5.2.** Rachas húmedas mensuales: CWD por zona 88
**1.6.** Estaciones con mayor persistencia seca en años asociados con el Niño 91
**1.7.** Señal local durante El Niño: estaciones y localidades 94
**1.8.** Sistemas sensibles 95
**1.9.** Lectura prospectiva de precipitación para 2026-2027: déficit, continuidad hídrica y señal mixta 98
**1.10.** De la alerta climática a la vigilancia territorial 102
Zona Norte: doble amenaza en un mismo régimen 103
Zona Centro: inundaciones todo el año y agua que depende del cielo 105
Zona Sur: crecientes de gran magnitud y riesgo costero 107

**CAPITULO 2: ANÁLISIS DE EFECTOS POTENCIALES DERIVADOS DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN LOS SISTEMAS HÍDRICOS DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO** 111

**2.1.** Condiciones y señales históricas de la calidad de agua en la región 112
**2.2.** Efectos esperados sobre caudales y calidad del agua 117
**2.3.** Recomendaciones de gestión y monitoreo 146

**CAPITULO 3. ANÁLISIS DE LOS EFECTOS POTENCIALES DEL FENÓMENO DE EL NIÑO 2026 EN LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO** 150

**3.1** Respuesta funcional de los arrecifes coralinos de Caribe y Pacífico en el Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño. 153
**3.1.1.** Contexto de los arrecifes coralinos del Caribe chocoano 154
**3.1.2.** Contexto de los arrecifes coralinos del Pacífico colombiano 156
**3.1.3.** Mecanismo funcional común: cómo el estrés térmico asociado a El Niño produce el blanqueamiento coralino 159
**3.1.4**. Del blanqueamiento a sus consecuencias: particularidades regionales y patrón común frente a el Niño 2016-2027 160
**3.1.5.** Los mismos grupos funcionales de peces resultan afectados en ambas costas 162
**3.2.** Respuesta funcional de las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano frente a eventos de El Niño. 164
**3.2.1**. Contexto de las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano 164
**3.2.2.** Efectos de El Niño sobre las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano 165
**3.2.3.** Procesos funcionales de las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano frente a eventos de El Niño 168
**3.3.** Respuesta funcional de los manglares del Chocó Biogeográfico, frente a eventos de El Niño. 172
**3.3.1.** Contexto de los manglares del Caribe chocoano 173
**3.3.2.** Composición de especies y conectividad ecológica de los manglares del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano 174
**3.3.3.** Efectos generales de El Niño sobre los manglares del Chocó Biogeográfico 175

**3.3.4.** Particularidades de los manglares del Caribe Chocano 177
**3.3.5**. Particularidades de los manglares del Pacífico colombiano 181
**3.4.** Respuesta funcional de los complejos cenagosos bosques inundables del Caribe y deltas, bosques inundables del Pacífico. 186
**3.4.1.** Contexto de los humedales del sistema Atrato-Caribe 187
**3.4.1.1.** Efectos ocasionados por el niño en los humedales del sistema Atrato-Caribe 187
**3.4.1.2.** Procesos funcionales de los humedales del sistema Atrato-Caribe frente a eventos de El Niño 191
**3.4.2.** Contexto de los humedales del sistema Pacífico 196
**3.4.2.1.** Efectos ocasionados por el niño en los humedales del sistema Pacífico 196
**3.4.2.2.** Procesos funcionales de los humedales del sistema Pacífico colombiano frente a eventos de El Niño 199
**3.5.** Respuestas funcionales del bosque húmedo tropical de tierras bajas frente a eventos del Niño. 202
**3.5.1.** Contexto de los bosques húmedos tropicales de tierras bajas del Chocó Biogeográfico 203
**3.5.2.** Efectos ocasionados por el niño en los bosques húmedos tropicales de tierras bajas del Chocó Biogeográfico 203
**3.5.3.** Procesos funcionales de los bosques húmedos tropicales de tierras bajas del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño 205
**3.6.** Respuestas funcionales de los bosques secos tropicales como los ecosistemas más frágiles de la región frente a eventos de El Niño. 210
**3.6.1.** Contexto de los bosques secos del Chocó Biogeográfico 211
**3.6.2.** Efectos ocasionados por el niño en los bosques secos del Chocó Biogeográfico 211
**3.6.3.** Procesos funcionales de los bosques secos del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño 213
**3.7.** Respuestas funcionales de los bosques de niebla como reguladores hídricos del sistema regional frente a eventos de el Niño 215
**3.7.1.** Contexto de los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico 216
**3.7.2.** Efectos ocasionados por el niño en los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico 216
**3.7.3.** Procesos funcionales de los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño 218
**3.8.** Respuestas funcionales de los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico, primer eslabón de la red ecológica regional frente a eventos de El Niño 221

**3.8.1.** Contexto de los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico 222
**3.8.2.** Efectos ocasionados por el niño en los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico 222
**3.8.3.** Procesos funcionales de los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño 225
**3.9.** Síntesis 229
**3.9.1.** Una región con vulnerabilidades distintas. 229
**3.9.2.** Los ecosistemas más vulnerables. 230
**3.9.3.** Las funciones ecologicas más amenazadas 233
**3.9.4.** Una cadena que se rompe desde arriba y desde abajo 235
**3.10.** Recomendaciones 239
**3.10.1.** Los arrecifes coralinos 239
Manejo adaptativo durante el evento en los arrecifes de corales
Reducción de presiones concurrentes
**3.10.2.** Pastos marinos del Caribe chocoano 241
**3.10.3.** Manglares del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano 241
**3.10.4.** Humedales del sistema Atrato-Caribe y del Pacífico colombiano 243
Monitoreo hidrológico y alerta temprana 243
Protección de los ciclos reproductivos de los peces 244
Prevención de incendios en bosques inundables y de tierra firme 245
**3.10.5.** Bosques húmedos tropicales y bosques secos 246
**3.10.6.** Bosques de niebla y páramos hiperhúmedos 247
Monitoreo hidrológico y climático de alta montaña 247
Prevención de incendios paramunos 248

**CAPITULO 4. EFECTOS EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS**

**4.1.** Efectos sobre los sistemas productivos agroalimentarios 252
**4.2.** Estrategias adaptativas comunitarias 264
**4.3.** Pérdida de Jornales rurales 266
**4.4.** Efectos sobre los pescadores artesanales 270
**4.5.** Efectos sobre los Jornales asociados a la pesca artesanal 279
**4.6.** Efectos asociados a la producción de bebidas ancestrales 283
**4.7.** Estimación de la producción regional 284
**4.8.** Recomendaciones 287

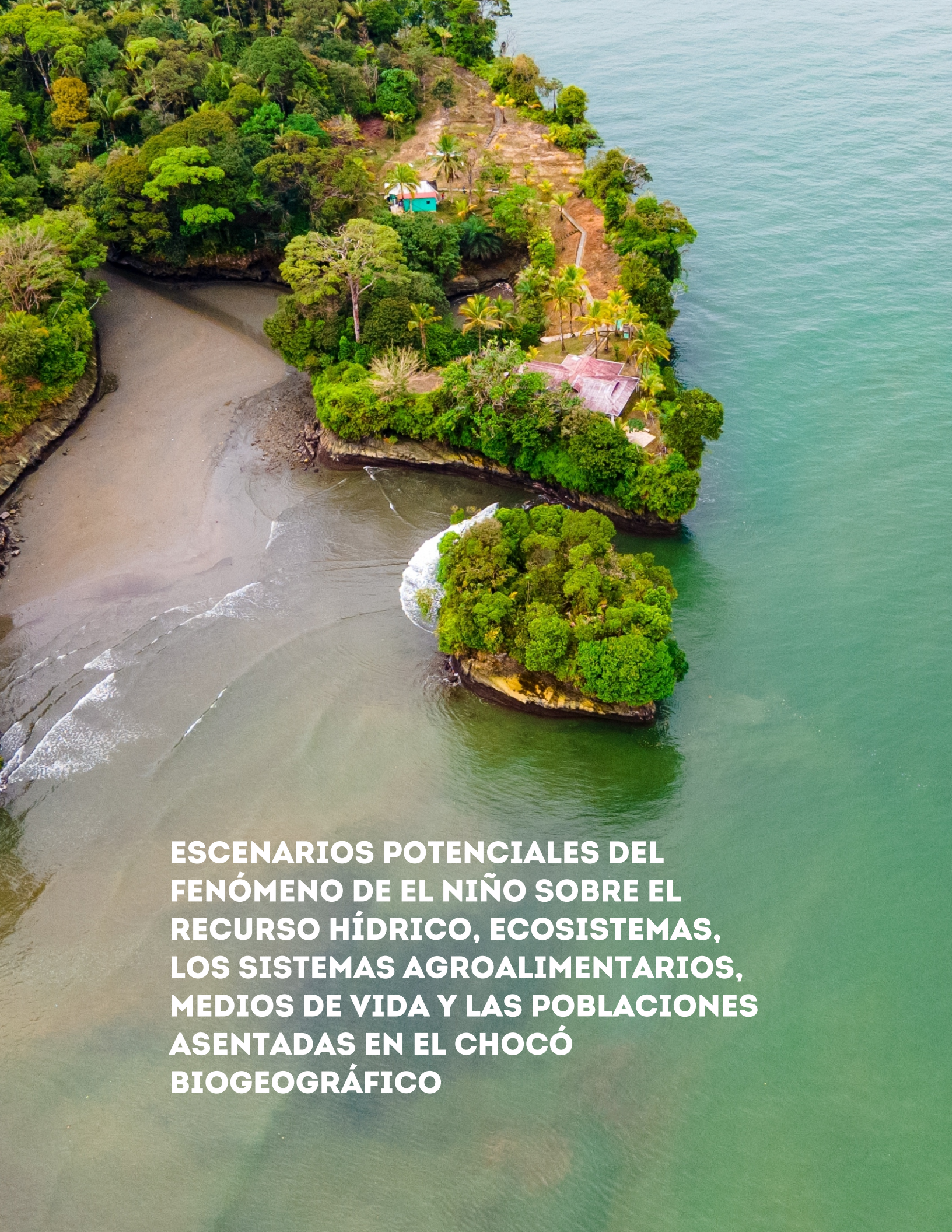
**CAPITULO 5. ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO: ASPECTOS SOCIOCULTURALES** 289

**5.1** CRISIS DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO, DÉFICIT ESTRUCTURAL Y RIESGO LOGÍSTICO 291
**5.1.1** La señal climática sobre un déficit estructural preexistente 291
**5.1.2** Análisis por departamentos: déficit estructural 292
**5.1.3** Impacto sobre la soberanía alimentaria 298
**5.1.4** Reducción de la movilidad y el transporte fluvial 301
**5.1.5** Eventos de mayor impacto y sistemas hídricos asociados 316
**5.2** EVIDENCIA EPIDEMIOLÓGICA Y VECTORES 317
**5.2.1** Mecanismos biofísicos de la transmisión vectorial 317
**5.2.2** Evidencia empírica: dengue y malaria 318
**5.2.3** El almacenamiento intradomiciliario como amplificador biológico 318
**5.4** EDUCACIÓN Y VULNERABILIDAD DE PUEBLOS ÉTNICOS 318
**5.4.1** Efectos sobre el calendario y el rendimiento escolar 319
**5.4.2** Impacto sobre el desarrollo infantil 321

**5.5 RECOMENDACIONES A NIVEL SOCIOCULTURAL** 322

**REFERENCIAS** 324

**Referencias bibliográficas** 335
**Anexo 1.** Serie histórica del Índice Oceánico de Fenómeno de El Niño (ONI), 2000–2026 364
**Anexo 2.** Matriz local de CDD durante meses Fenómeno de El Niño por estación/localidad 365
**Anexo 3.** Matriz local de CWD durante meses Fenómeno de El Niño por estación/localidad 366



# ESCENARIOS POTENCIALES DEL FENÓMENO DE EL NIÑO SOBRE EL RECURSO HÍDRICO, ECOSISTEMAS, LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS, MEDIOS DE VIDA Y LAS POBLACIONES ASENTADAS EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

# Introducción

La respuesta del Chocó Biogeográfico frente a El Niño debe entenderse desde su diversidad hidroclimática y la variedad de paisajes y ambientes que conforman el territorio. La región combina influencia oceánica directa, corredores fluviales de gran magnitud, planicies inundables, llanuras aluviales, zonas de serranía, manglares, ciénagas, humedales y bosques húmedos tropicales. Esta heterogeneidad condiciona la forma en que se distribuyen las lluvias, la duración de las pausas secas y la sensibilidad de los sistemas naturales y comunitarios ante cambios en el régimen de precipitación.

En este contexto, el documento presenta una lectura técnica de la precipitación observada durante eventos recientes de El Niño, con énfasis en su expresión territorial. Para ello, se utiliza la serie 2000–2025 de estaciones IDEAM, organizada a partir de tres regímenes hidroclimáticos (Norte, Centro y Sur) y de los paisajes dominantes del territorio. Esta aproximación busca evitar interpretaciones basadas únicamente en promedios regionales y aportar una lectura más precisa sobre dónde, cómo y con qué implicaciones puede manifestarse la señal climática asociada a este fenómeno.

La diferenciación entre los regímenes hidroclimáticos Norte, Centro y Sur no corresponde a límites político-administrativos, sino a una aproximación climático-territorial que permite reconocer variaciones en la distribución de las lluvias, los gradientes latitudinales, los ambientes eco-geográficos y la localización de las estaciones disponibles. Rangel-Ch. y Arellano-P. (2004) identifican patrones diferenciados de precipitación en el Chocó Biogeográfico y la Costa Pacífica colombiana, asociados a una lectura regional Norte, Centro y Sur.

A partir de esta base conceptual, el presente documento emplea dichos regímenes como marco de interpretación para analizar la precipitación observada, las anomalías y la continuidad hídrica durante eventos El Niño.

Esta lectura permite orientar la atención hacia elementos territoriales especialmente sensibles: ríos, ciénagas, humedales, manglares, pesca artesanal, incendios de cobertura vegetal, sistemas productivos, abastecimiento comunitario y calidad del agua. Asimismo, facilita la diferenciación entre sectores con antecedentes de déficit de precipitación y otros donde pueden mantenerse lluvias importantes o presentarse señales mixtas durante condiciones asociadas a El Niño.

## Cadena de lectura territorial del posible evento El Niño 2026

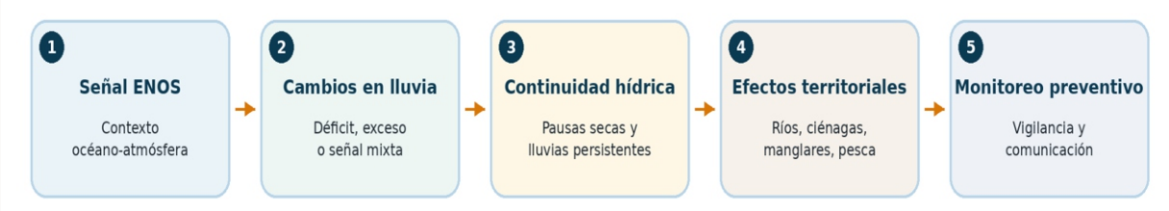



**Figura 1.** Cadena de lectura territorial del posible evento El Niño 2026.
**Fuente:** elaboración propia.

# Metodología

El análisis se sustentó en registros diarios de precipitación provenientes de estaciones IDEAM-DHIME localizadas en el Chocó Biogeográfico y en su entorno territorial de influencia. La base climática consolidó 64 estaciones únicas con información efectiva entre enero de 2000 y marzo de 2026, para un total de 498.260 registros diarios válidos. Cada estación fue caracterizada por código, nombre, municipio, departamento, coordenadas geográficas, elevación y serie diaria de precipitación expresada en milímetros.

El procesamiento de la información incluyó la lectura de archivos DHIME, la conversión de fechas, la normalización numérica de la precipitación, la eliminación de registros sin fecha o sin dato de lluvia y la exclusión de valores negativos. Cuando existían varias exportaciones de una misma estación, se conservó la serie con mayor número de registros válidos. A partir de la base diaria depurada se calcularon acumulados mensuales y anuales de precipitación.

La línea base climática se definió para el periodo 2000–2025, con el fin de establecer una referencia reciente del comportamiento de la lluvia en el Chocó Biogeográfico. Para el cálculo de la precipitación media anual se consideraron únicamente los años con al menos diez meses válidos, reduciendo el efecto de vacíos de información en las series. Con esta base se estimó la climatología mensual, entendida como el promedio histórico de cada mes calendario dentro del periodo de referencia.

Las anomalías mensuales de precipitación se calcularon comparando la lluvia observada con la climatología mensual de referencia del periodo 2000–2025.

Para cada régimen hidroclimático (Norte, Centro y Sur) se contrastó la precipitación registrada en un mes determinado con el promedio histórico de ese mismo mes dentro del régimen correspondiente. De manera complementaria, se estimó un valor regional para el Chocó Biogeográfico, integrando la información de los tres regímenes. Una anomalía negativa indica que la precipitación estuvo por debajo de la normalidad mensual del régimen o del conjunto regional, mientras que una anomalía positiva señala un excedente frente al comportamiento esperado. El Biogeográfico, donde pueden presentarse acumulados altos de lluvia y, aun así, existir déficit si la precipitación fue menor que la esperada para ese mes.

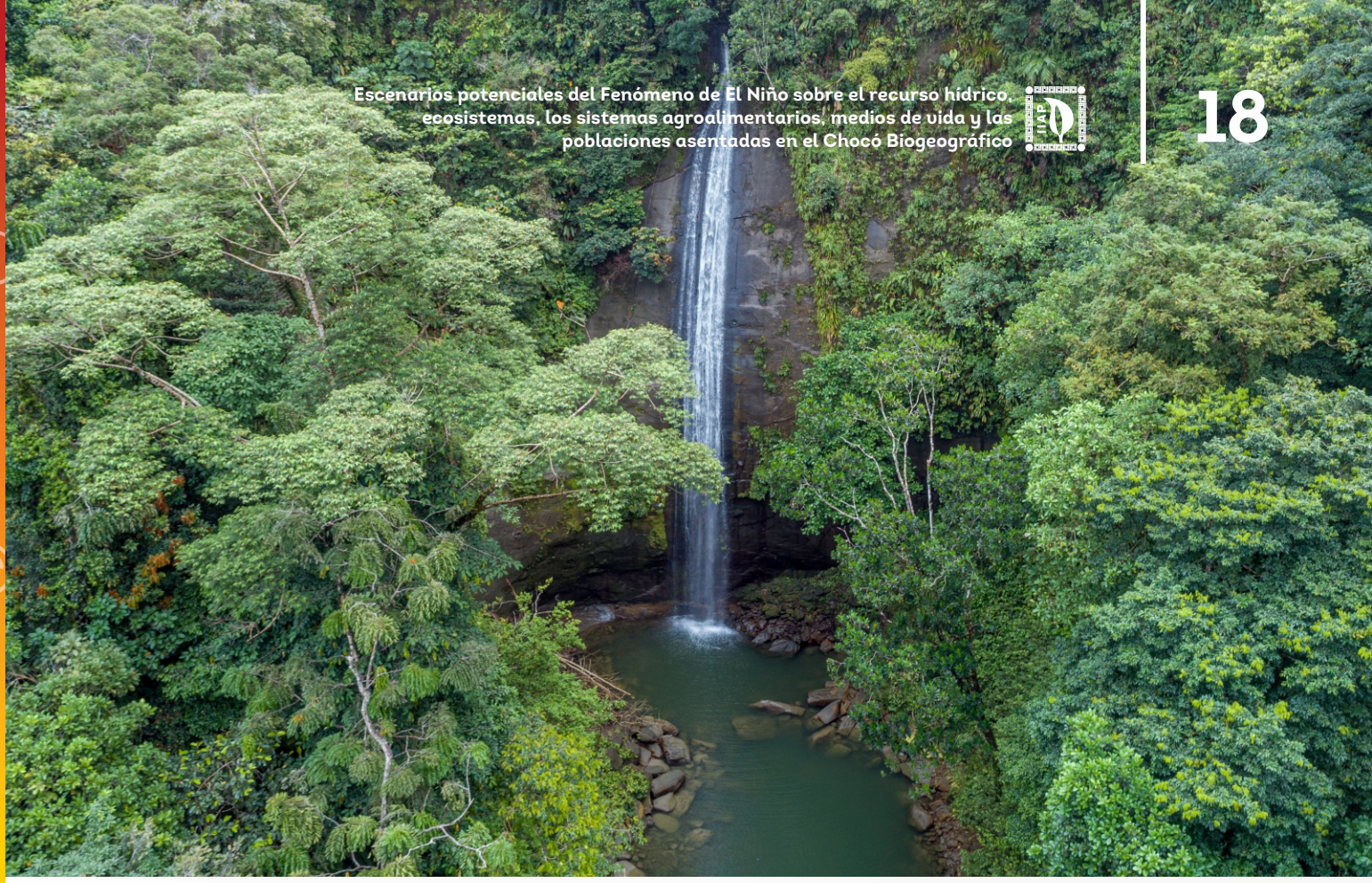
Para interpretar la distribución espacial de la señal climática se construyó una regionalización por regímenes hidroclimáticos operativos: Norte, Centro y Sur. Esta clasificación no corresponde a límites político-administrativos, sino a una herramienta de análisis basada en la distribución de las lluvias, los gradientes latitudinales, la influencia oceánica, el relieve, los ambientes eco-geográficos, la localización de las estaciones y la literatura regional sobre patrones de precipitación en el Chocó Biogeográfico y la Costa Pacífica colombiana.

La asignación zonal directa quedó distribuida en 22 estaciones para el régimen Norte, 25 para el régimen Centro y 17 para el régimen Sur. El régimen Norte permite interpretar sectores asociados al Darién, el Urabá chocoano, el Bajo Atrato, el litoral Pacífico norte y áreas de transición hacia el occidente antioqueño y el sur de Córdoba. El régimen Centro representa el núcleo hiperhúmedo del Chocó Biogeográfico, con influencia del Atrato medio, Quibdó, Lloró, Cértegui, Istmina, Condoto, el San Juan, el Baudó y áreas vecinas. El régimen Sur agrupa sectores con comportamiento más heterogéneo, influenciados por condiciones costeras, fluviales, fluviolacustres, de piedemonte y de transición hacia el Pacífico sur.

De manera complementaria, las estaciones fueron cruzadas espacialmente con el límite municipal del Chocó Biogeográfico 2019 y con la capa de ecosistemas IDEAM 2024. Este cruce permitió incorporar una segunda escala de interpretación por ambientes y paisajes dominantes, diferenciando zonas costero-estuarinas, sistemas fluviales e inundables, planicies y terrazas aluviales, piedemontes, lomeríos, serranías, ambientes montanos y áreas altoandinas. Esta lectura permite identificar por qué un mismo déficit de lluvia puede tener implicaciones distintas en una ciénaga del Bajo Atrato, un manglar del litoral Pacífico, una serranía con nacimientos de agua o un valle productivo del Pacífico sur.

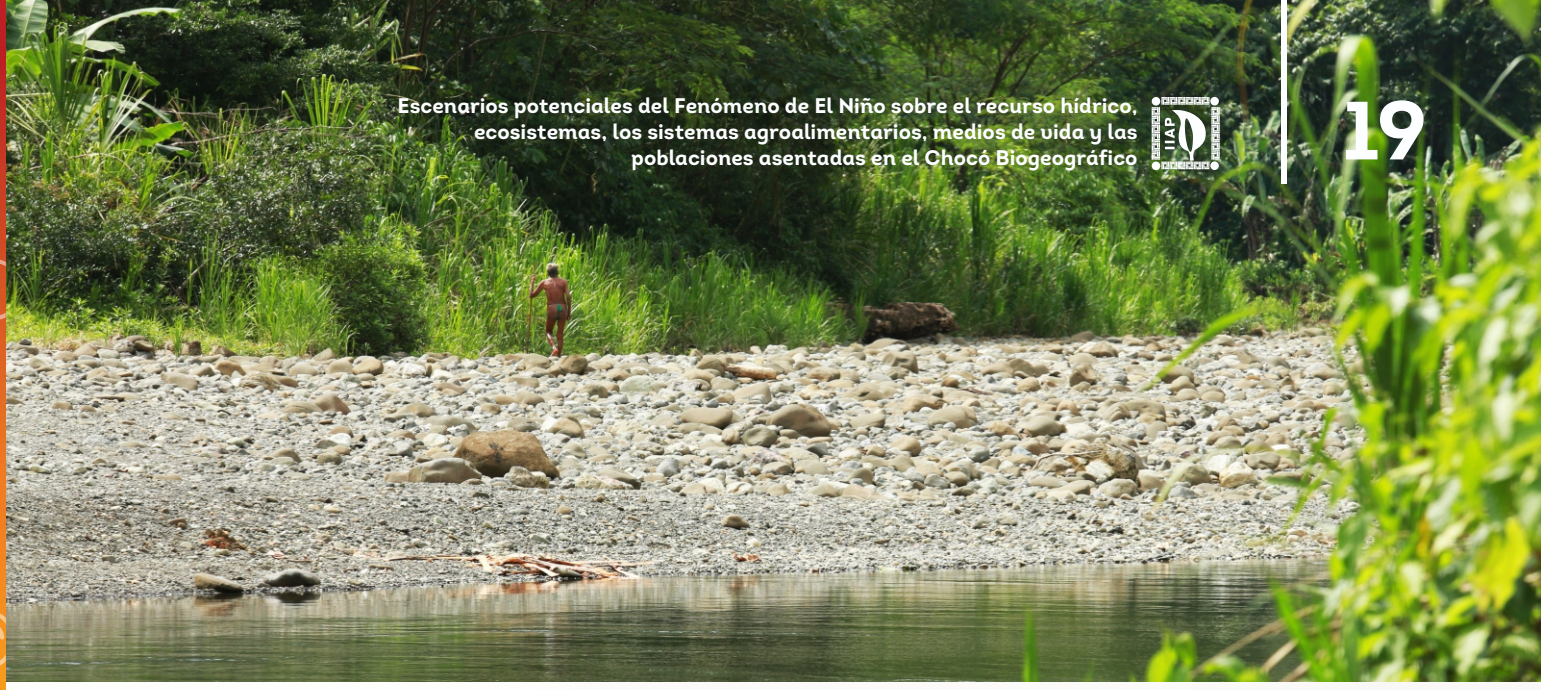
Además de los acumulados y anomalías, se calcularon indicadores de continuidad hídrica a partir de la precipitación diaria. El CDD, por sus siglas en inglés Consecutive Dry Days, corresponde a la máxima racha de días consecutivos con precipitación inferior a 1 mm. El CWD, por sus siglas en inglés Consecutive Wet Days, corresponde a la máxima racha de días consecutivos con precipitación igual o superior a 1 mm. Para los valores anuales se exigieron al menos 329 días válidos, y para el análisis mensual se exigieron mínimo 25 días válidos o el 80 % de los días del mes.

Estos indicadores permiten evaluar no solo cuánto llovió, sino cómo se distribuyó la lluvia en el tiempo. En el Chocó Biogeográfico, esta diferencia es clave porque la continuidad de la precipitación sostiene ríos menores, quebradas, ciénagas, humedales, humedad del suelo, cultivos de pancoger, fuentes comunitarias y sistemas de movilidad fluvial. Por ello, el análisis de CDD y CWD se empleó como complemento territorial de las anomalías de precipitación.



El Índice Oceánico de El Niño (ONI) se utilizó como referencia para identificar meses asociados a condiciones El Niño, considerando periodos cálidos con valores iguales o superiores a +0,5 °C durante al menos cinco meses consecutivos. Sin embargo, el ONI no se interpretó como predictor directo de impactos locales. En este documento, la señal oceánica del ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) se contrasta con precipitación observada, anomalías mensuales, CDD, CWD, paisajes dominantes y antecedentes de afectación territorial.

Finalmente, las superficies cartográficas se utilizaron como apoyo para visualizar la continuidad espacial de los patrones de lluvia y de anomalía. No obstante, las cifras, tablas, indicadores y conclusiones cuantitativas del análisis se derivan de los registros IDEAM-DHIME procesados. Esta decisión metodológica permite que los mapas funcionen como herramienta de interpretación territorial, sin reemplazar la trazabilidad estadística de las estaciones.



# Regionalización territorial para interpretar El Niño

En el Chocó Biogeográfico, la pregunta central no es únicamente si El Niño reduce la lluvia, sino dónde altera la continuidad del agua y qué sistemas territoriales quedan más expuestos. El Darién y el Bajo Atrato, el núcleo hiperhúmedo Atrato–San Juan–Baudó y el Pacífico sur no responden de la misma manera, porque combinan condiciones distintas de relieve, humedad oceánica, conectividad fluvial, humedales, manglares, planicies inundables, serranías y zonas de transición andina.

Por ello, la lectura territorial se organiza en tres sectores: Norte, Centro y Sur. Esta organización permite ubicar con mayor precisión dónde los déficits relativos de precipitación, las pausas secas o las lluvias intensas localizadas pueden afectar fuentes menores, ciénagas, ríos secundarios, movilidad fluvial, pesca artesanal, cultivos de pancoger, abastecimiento comunitario y calidad del agua.

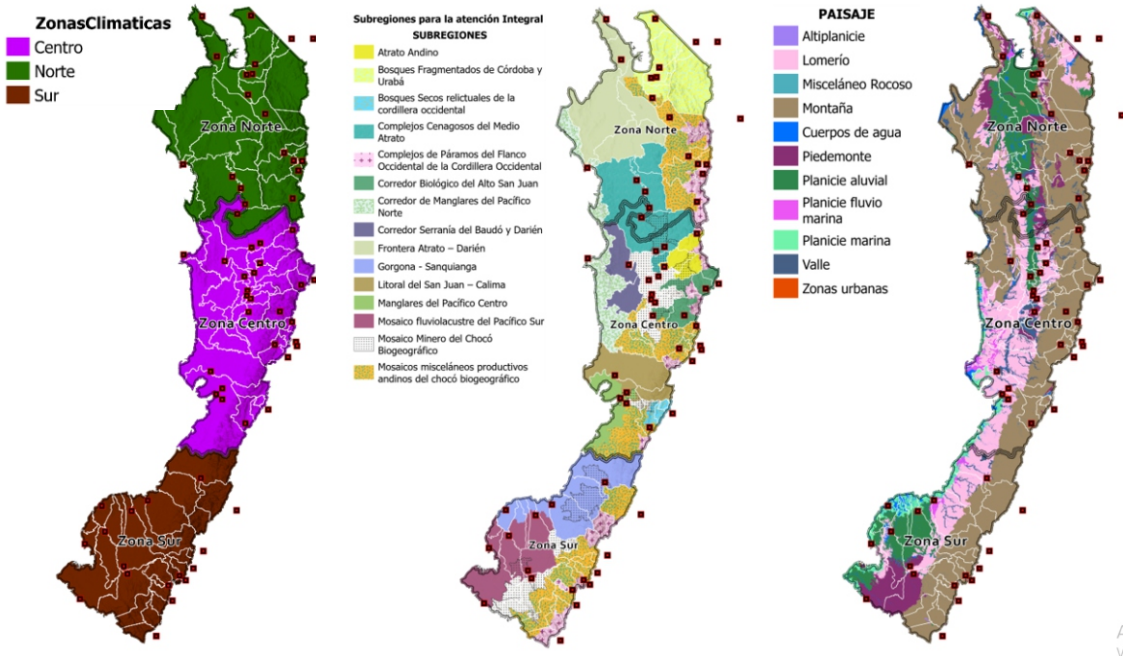



**Figura 2.** Regionalización operativa y ambientes dominantes del Chocó Biogeográfico. Fuente: elaboración propia con base en delimitación del Chocó Biogeográfico, estaciones IDEAM DHIME y clasificación territorial por ambientes/paisajes.

En el Norte, el análisis se concentra en territorios como el Darién, el Urabá, el Bajo Atrato, el litoral Pacífico norte y áreas de transición hacia el occidente antioqueño y el sur de Córdoba. En estos sectores, la reducción relativa de lluvia puede expresarse con mayor fuerza sobre fuentes menores, humedales de transición, complejos cenagosos, coberturas vegetales expuestas a incendios y comunidades con antecedentes de desabastecimiento de agua. Por esta razón, deben priorizarse municipios como Acandí, Unguía, Riosucio, Carmen del Darién, Bojayá, Medio Atrato, Juradó, Bahía Solano, Turbo, Apartadó, Carepa, Chigorodó, Mutatá, Necoclí y San Pedro de Uraba.

En el Centro, la lectura cambia por su condición de núcleo hiperhúmedo regional.

Este sector está asociado al Atrato medio, el San Juan, el Baudó, Quibdó, Lloró, Cértegui, Istmina, Condoto, Nuquí, Buenaventura y áreas de transición hacia la Cordillera Occidental. Allí, el riesgo no debe interpretarse como ausencia de lluvia, sino como déficit relativo frente a una climatología muy alta, interrupción de la continuidad hídrica, cambios en la frecuencia de lluvias persistentes y ocurrencia de crecientes súbitas. Las afectaciones potenciales se relacionan con quebradas, ríos secundarios, ciénagas, pesca artesanal, movilidad fluvial, turbidez del agua, cultivos ribereños y abastecimiento comunitario.

En el Sur, la respuesta territorial está condicionada por la influencia costera, fluvial, fluviolacustre, de piedemonte y de transición hacia el Pacífico sur. Este sector incluye áreas asociadas a Timbiquí,Guapi, Lopez de Micay, Barbacoas, El Charco, Francisco Pizarro, La Tola, Magüí Payán, Mosquera, Olaya Herrera, Roberto Payán, Tumaco, Santa Bárbara y Ricaurte. En estos territorios, el seguimiento debe enfocarse en ríos de respuesta rápida, sistemas fluviolacustres, manglares, esteros, cultivos de pancoger y comunidades que dependen del transporte fluvial para el abastecimiento, la movilidad y la conexión con mercados locales.

La lectura por paisajes permite precisar aún más la vigilancia. En planicies inundables y complejos cenagosos, una reducción de lluvia puede limitar la conectividad hídrica; en serranías y piedemontes, puede aumentar la presión sobre nacimientos, fuentes menores y coberturas vegetales; en manglares y esteros, puede alterar el balance entre agua dulce y salada; y en valles productivos, puede reducir la humedad disponible para cultivos de pancoger. Por esta razón, la vigilancia 2026 no debe apoyarse únicamente en promedios regionales, sino en la combinación entre zona hidroclimática, paisaje dominante y sistema territorial expuesto.

# Índice ONI: cómo se identifica un evento El Niño

El Índice Oceánico de El Niño (ONI) se utiliza como referencia para identificar la fase cálida, fría o neutral del ENOS en el Pacífico tropical. Este indicador no se calcula con un solo mes aislado, sino con promedios móviles de tres meses de las anomalías de temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4. Esto significa que cada valor del ONI resume el comportamiento de un trimestre: por ejemplo, diciembre-enero-febrero, luego enero-febrero-marzo, después febrero-marzo-abril, y así sucesivamente. La lógica de este promedio móvil es evitar que una variación puntual de un mes se interprete como un evento El Niño o La Niña sin que exista una señal persistente en el océano.

De manera general, valores iguales o superiores a +0,5 °C indican condiciones cálidas asociadas a El Niño; valores iguales o inferiores a -0,5 °C indican condiciones frías asociadas a La Niña; y valores cercanos a cero corresponden a condiciones neutrales. Sin embargo, para que un episodio sea clasificado como El Niño o La Niña, no basta con superar el umbral una sola vez: la señal debe mantenerse durante al menos cinco temporadas móviles trimestrales consecutivas. En otras palabras, el calentamiento o enfriamiento debe persistir varios meses, lo suficiente para mostrar que no se trata de una oscilación breve, sino de una fase organizada del ENOS.

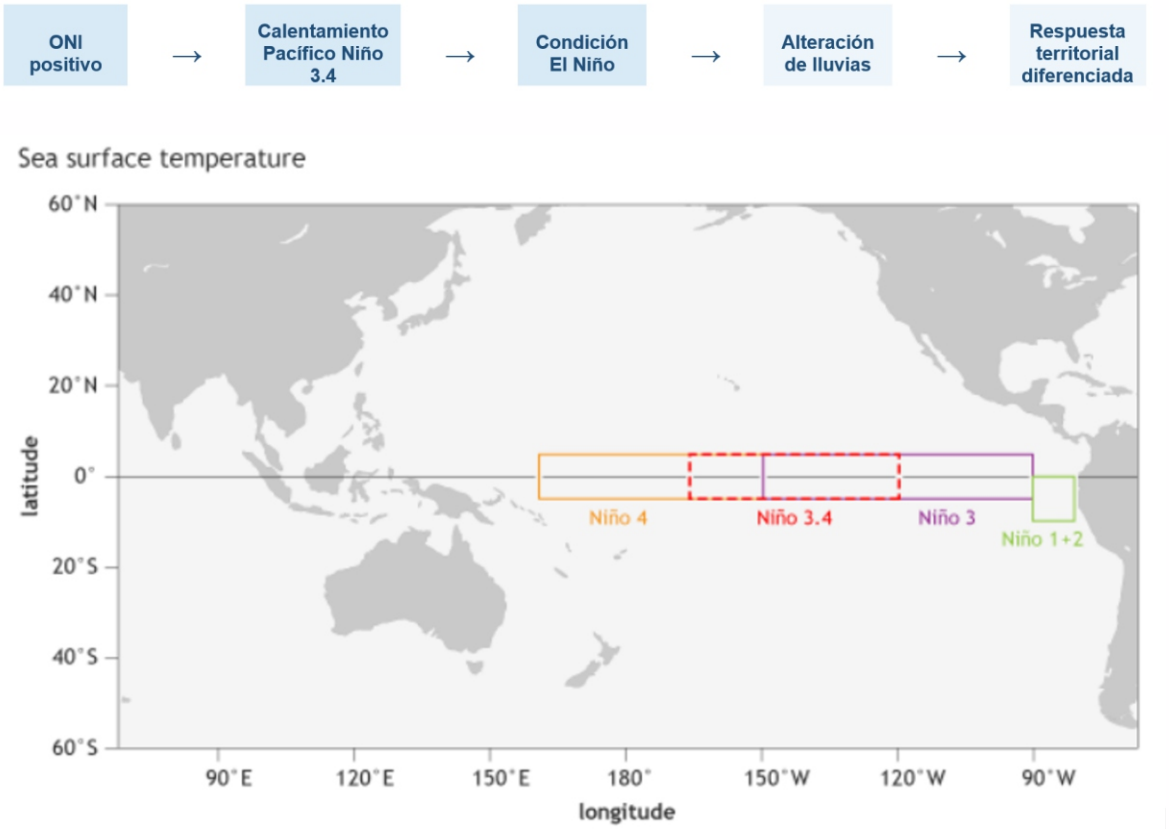



**Figura 6.** Lectura conceptual del ONI como señal oceánica y su relación con la respuesta territorial. Fuente: elaboración propia. Ubicación de las zonas del Pacífico tropical utilizadas para el monitoreo de la temperatura superficial del mar. La temperatura superficial del mar en la región Niño3.4, que abarca desde los 120°O hasta los 170°O de longitud, cuando se promedia durante un período de 3 meses, conforma el Índice Oceánico Niño (ONI) oficial de la NOAA. Imagen de NOAA Climate.gou por Fiona Martin.

Para efectos de este análisis, el ONI cumple una función de contexto climático: permite ubicar temporalmente los meses asociados a condiciones El Niño y compararlos con la precipitación observada en el Chocó Biogeográfico. Sin embargo, no se interpreta como una predicción directa de impactos locales.

Un mismo valor de ONI puede traducirse en respuestas diferentes según la circulación atmosférica regional, la posición de la Zona de Convergencia Intertropical, la humedad disponible, la influencia oceánica, el relieve, la cobertura vegetal y la configuración hidroecológica de cada sector.

Para el Chocó Biogeográfico no basta con decir que existe o puede desarrollarse un evento El Niño. Lo importante es revisar cómo se ha comportado la lluvia en eventos anteriores, qué zonas han mostrado déficit, dónde han aparecido señales mixtas o excedentes y qué paisajes pueden resentir más las pausas secas, las lluvias intensas o los cambios de continuidad hídrica.

En este documento, el ONI se utiliza como contexto climático para identificar los periodos asociados a eventos El Niño, mientras que las anomalías de precipitación, las rachas secas, los paisajes y los corredores territoriales permiten interpretar cómo esa señal se expresa realmente en el Chocó Biogeográfico.

**La serie ONI completa se incluye como Anexo 1 para conservar trazabilidad técnica; en el cuerpo principal se mantiene una lectura resumida para evitar saturar la interpretación ejecutiva.**



# CAPÍTULO 1.

# ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

El análisis hidroclimático del Chocó Biogeográfico parte de una condición central: la región no responde a El Niño desde la escasez absoluta de lluvia, sino desde los cambios en la normalidad de un territorio altamente húmedo. Por ello, la pregunta principal no es solo cuánto llueve, sino dónde la precipitación se reduce frente a su comportamiento esperado, en qué meses se pierde regularidad y qué paisajes pueden resentir primero la interrupción de los pulsos de lluvia.

Este capítulo establece la evidencia climática de base para interpretar esa respuesta territorial. Primero, se presenta la distribución espacial de la precipitación media anual y la climatología mensual 2000–2025; luego, se analiza la lluvia por paisajes dominantes y se contrasta la señal observada durante eventos El Niño recientes mediante anomalías pluviométricas e indicadores de continuidad hídrica. Esta secuencia permite diferenciar tres situaciones que en el Chocó Biogeográfico pueden ocurrir simultáneamente: déficit relativo de precipitación, mantenimiento de lluvias importantes en términos absolutos y ocurrencia de eventos intensos localizados.

La lectura del capítulo se orienta a identificar dónde la señal climática puede traducirse en presión territorial: fuentes menores y complejos cenagosos en el Norte; quebradas, ríos secundarios y calidad del agua en el núcleo hiperhúmedo del Centro; y manglares, esteros, ríos de respuesta rápida, cultivos y transporte fluvial en el Pacífico sur.

Así, la evidencia climática no se presenta como un resultado aislado, sino como insumo para priorizar vigilancia y gestión del riesgo durante el evento El Niño 2026-2027.

## 1.1. Línea base climática: dónde y cuánto llueve normalmente

La línea base de precipitación 2000–2025 permite establecer la normalidad reciente de la lluvia en el Chocó Biogeográfico y constituye el punto de comparación para interpretar los eventos El Niño. En esta región, el análisis no puede limitarse a clasificar un año o un mes como "lluvioso" o "seco" en términos absolutos. Lo relevante es identificar cuánto se aparta la precipitación de lo esperado en cada zona y qué función cumple esa lluvia dentro de los sistemas hídricos, ecológicos y comunitarios del territorio.

La distribución espacial de la precipitación media anual muestra un núcleo de mayores acumulados en el centro del Chocó Biogeográfico, especialmente en el corredor Atrato–San Juan–Baudó y en áreas asociadas a Quibdó, Lloró, Cértegui, Istmina, Condoto y sectores vecinos. Esta concentración no debe leerse solo como una zona donde "llueve más", sino como un eje de captación y redistribución hídrica regional. Allí confluyen la entrada persistente de humedad desde el Pacífico oriental tropical, los vientos del oeste, la cercanía de grandes corredores fluviales y el ascenso orográfico del aire húmedo hacia la Cordillera Occidental. Como resultado, este sector sostiene una alta frecuencia de lluvias que alimenta quebradas, ríos secundarios, ciénagas, humedad del suelo, movilidad fluvial, pesca artesanal, calidad del agua y sistemas productivos ribereños.

Esta lluvia constante no es un dato abstracto: es la que mantiene viva a la Ciénaga Grande de Beté, en el Medio Atrato, un complejo

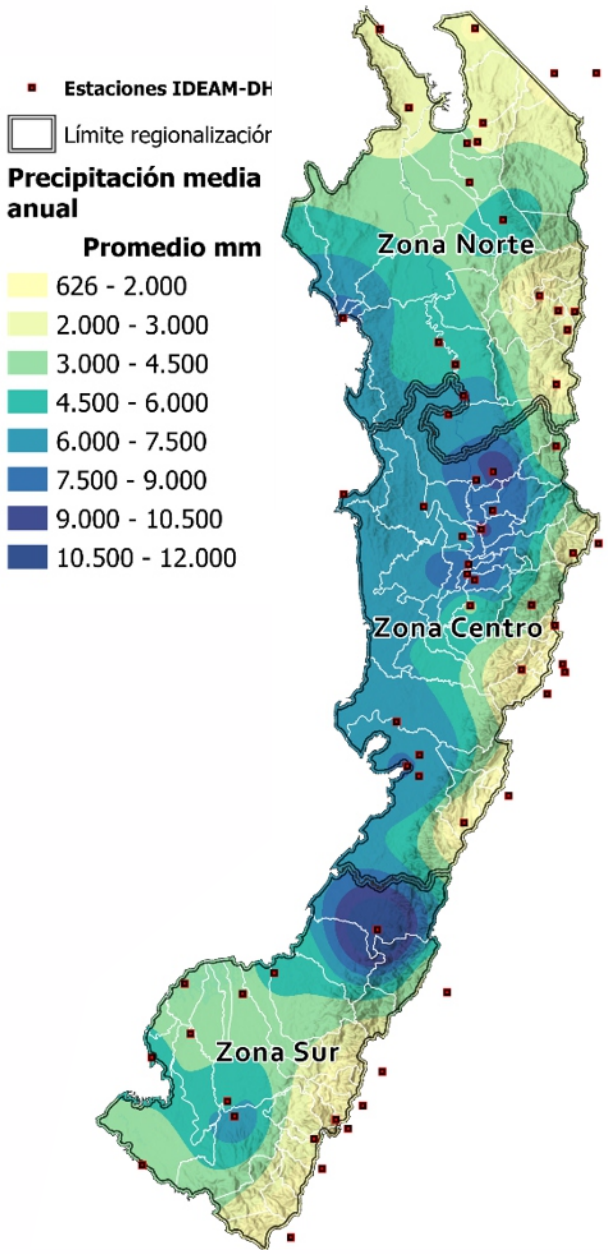



**Figura 3.** Distribución espacial de la precipitación media anual en el Chocó Biogeográfico, 2000-2025. Fuente: elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME, periodo 2000-2025.

cenagoso de cerca de 81.000 hectáreas conectado al río Atrato a través del caño Amé, que funciona como despensa de pesca y fuente de proteína para las comunidades que viven en sus orillas.

Según información de caracterización ambiental del IIAP, la productividad pesquera y la diversidad biológica de este complejo cenagoso lo convierten en un sitio que brinda bienes y servicios ambientales esenciales, proveyendo las principales fuentes de materias primas, recursos económicos y proteína a las comunidades asentadas a sus alrededores. Cuando la lluvia que sostiene este corredor se reduce, no solo cambia un número en una tabla de anomalías: cambia la cantidad de pescado que llega a la mesa de una familia en Beté.

**El régimen Centro** es el núcleo hiperhúmedo del Chocó Biogeográfico. Con una precipitación media anual de 5.297 mm (aproximadamente el triple del promedio anual de precipitación de Bogotá), ningún mes del año baja de 317.5 mm, que es el promedio de febrero, el mes más seco. Hasta en su peor momento, este régimen recibe más lluvia mensual que la mayoría de las ciudades colombianas en sus meses más húmedos.

Pero hay un rasgo que define este régimen y que no aparece en los promedios: la lluvia aquí no solo cae, sino que se acumula y se mueve. El río Atrato y sus afluentes (Bebará, Bebaramá, Buey, Andágueda, Napipi, Murrí) funcionan como un sistema de vasos comunicantes que transfieren la lluvia de las cuencas altas hacia las planicies bajas con gran rapidez. Cuando esa transferencia coincide con suelos saturados o con caudales ya altos, el resultado es una inundación, no una sequía. Por eso, el año más deficitario del periodo analizado (2015, con un déficit anual de 1.257,2 mm en el régimen Centro) también produjo inundaciones: en febrero de ese año, el río Baudó dejó 12.000 personas afectadas en Medio Baudó, y en julio se reportó una inundación en Riosucio con 1.405 personas. El déficit no eliminó el riesgo hidrológico: lo redistribuyó.

El patrón se repitió en 2024. Enero fue el mes más deficitario del año en el régimen Centro, con una anomalía cercana a -113 mm. Ese mismo mes, una creciente súbita de los ríos Cabí, El Caraño y La Yesca dejó 10.172 personas afectadas en Quibdó y un vendaval afectó otras 7.460 personas en la misma ciudad. En febrero, con el déficit persistiendo (-59 mm), el desbordamiento de los ríos Atrato, Bojayá y Napipi dejó 13.649 personas afectadas en Bojayá; el Atrato y el Andágueda inundaron Lloró (2.310 personas) y Atrato municipio (1.800 personas). En mayo, cuando la lluvia se recuperó con un excedente de +122 mm, el Atrato, el Bebará y el Bebaramá inundaron cultivos de pancoger en Medio Atrato (5.600

personas) y el Baudó desbordó en Alto Baudó (15.000 personas) y Medio Baudó (12.500 personas) simultáneamente. La señal del régimen Centro durante El Niño no es la ausencia de agua: es su irregularidad, y esa irregularidad tiene consecuencias en los dos sentidos.

**El régimen Norte** recibe en promedio 3.524 mm anuales, menos que el Centro, pero aún muy por encima de la mayoría de los territorios colombianos. Sin embargo, tiene una característica que lo distingue: una estacionalidad más marcada. Enero y febrero son sus meses más secos, con promedios de 157 mm y 120 mm respectivamente, y cuando El Niño reduce esos valores ya bajos, el resultado no es un número negativo en una tabla: es un municipio sin agua.

Enero de 2024 ilustra con claridad lo que ocurre cuando este régimen llega a su punto más seco bajo condiciones El Niño, con una anomalía de -110 mm sobre el promedio. Ese mes, 13.500 personas en Arboletes se quedaron sin agua para consumo por el desabastecimiento del río De Agua; en San Juan de Urabá, 5.600 personas vivieron la misma situación por el estiaje del río San Juan; en Turbo, 3.200 personas enfrentaron el desabastecimiento del río Turbo; y en Carepa se declaró una emergencia por desabastecimiento del río De Agua. En total, solo en enero de 2024, más de 22.000 personas del corredor Urabá-Bajo Atrato-Darién enfrentaron alguna forma de crisis hídrica por la combinación de su climatología naturalmente seca y el déficit adicional de El Niño.

El mismo mes de enero de 2024 vio el inicio de una cadena de incendios forestales que se extendió hasta abril en Chigorodó (14 eventos registrados sobre los ríos Chigorodó y El Prado), Carepa, Apartadó, San Juan de Urabá y Unguía. Esta secuencia no es anómala en el Norte: en marzo de 2019, con una anomalía de -67

mm,Unguía registró incendios de cobertura vegetal con afectación de 800 hectáreas, y ese mismo mes se registraron eventos similares en Carepa (tres incendios: 15, 10 y 25 hectáreas), Turbo, Riosucio y Apartadó. En 2016, durante el cierre del evento 2014–2016, los ríos Ordó y afluentes de Unguía registraron incendios en marzo y abril, coincidiendo con la racha de 108 días secos consecutivos ya descrita. La lección del régimen Norte es que enero no es el mes en que "empieza" el riesgo: es el mes en que el estrés acumulado desde noviembre se vuelve visible, primero como desabastecimiento, luego como incendio.

Riosucio merece una mención aparte dentro de este régimen, porque es el único municipio del Chocó Biogeográfico donde el fuego y el agua conviven como amenazas dentro del mismo año. En 2016, incendios forestales en marzo y abril. En 2019, incendio en marzo y luego inundación en diciembre (9.300 personas afectadas, una de las cifras anuales más altas del registro). En 2023, inundación en junio por el Salaquí y el Truandó (1.500 personas). En 2024, inundación en febrero por el Atrato y Truandó (1.176 personas) y vendaval ese mismo mes (8.496 personas). Para Riosucio, la línea base no describe una sola estación de riesgo: describe dos, separadas por pocos meses y de naturaleza opuesta.

**El régimen Sur,** con un promedio anual de 3.564,5 mm, es el menos lluvioso de los tres en términos de acumulado. Pero su característica más relevante para la gestión del riesgo no es la cantidad sino la variabilidad: entre julio y septiembre, los promedios mensuales caen a 239,9 mm, 205,1 mm y 224,7 mm respectivamente, los valores más bajos de cualquier zona en cualquier mes de todo el Chocó Biogeográfico. Esta ventana de julio a septiembre es el único periodo del año en que algún régimen del Chocó se aproxima a condiciones secas en términos absolutos.

Esta variabilidad tiene una consecuencia directa: en el régimen Sur, El Niño puede producir déficit, puede producir excedente, o puede producir ambas cosas en distintos meses del mismo año. El año 2023 tuvo una anomalía anual de -28,3 mm en el Sur, mientras el Norte y el Centro cerraron con déficits de -700,5 mm y -352,2 mm respectivamente. Sin embargo, ese año Sur registró algunos de los impactos más altos del periodo: en diciembre de 2023, el vendaval sobre el río Chuare dejó 10.144 personas afectadas en López de Micay, y la inundación de Barbacoas por el Telembí, Ñambí, Guelmambí e Ingusmbí dejó 8.000 personas más. El excedente anual regional no impidió el evento local: a veces lo generó.

El año 2024 mostró el otro lado. Enero registró una anomalía de -108 mm en el Sur, y ese mes el desbordamiento del San Juan afectó a 11.150 personas en El Litoral del San Juan, y el Saija y el Patía Norte dejaron 3.391 personas afectadas en Timbiquí. Meses después, mayo cerró con un excedente de +105 mm, y ese mismo mes el río Mira dejó 40.100 personas afectadas en Tumaco, el San Juan y el Copomá otros 11.300 en El Litoral del San Juan, y el Renacer Negro afectó a 2.283 personas en Timbiquí. La señal más importante del régimen Sur no está en si el año fue deficitario o excedentario: está en los meses que se alejan del promedio en cualquier dirección, porque tanto la pausa seca como la lluvia concentrada producen afectaciones sobre los mismos ríos y las mismas comunidades.

Allí se encuentra el Parque Nacional Natural Sanquianga, en jurisdicción de los municipios de El Charco, La Tola, Olaya Herrera y Mosquera, un complejo deltaico-estuarino formado por las desembocaduras de los ríos Tapaje, Aguacatal y Sanquianga que alberga aproximadamente el 20% de los manglares del Pacífico colombiano, los cuales funcionan como áreas nodriza para peces, crustáceos y moluscos de importancia comercial, según Parques

Nacionales Naturales de Colombia. Para estos ecosistemas, tanto el déficit de agua dulce como los excedentes que generan crecientes sobre los esteros producen consecuencias: el primero desplaza la cuña salina hacia el interior; el segundo arrastra sedimentos, altera la salinidad y puede dañar la estructura del bosque de mangle. La lectura de El Niño en el Sur debe considerar tanto la pérdida de continuidad hídrica como la posibilidad de crecientes súbitas, cambios en manglares y esteros, afectación de cultivos de pancoger y restricciones en el transporte fluvial.

Los tres regímenes (Norte, Centro, Sur) tienen en común una característica que define la identidad climática del Chocó Biogeográfico: en ninguno de ellos ningún mes del año está libre de riesgo. En el Centro, hasta el mes más deficitario puede traer inundaciones. En el Norte, hasta los meses de mayor lluvia pueden dejar sin agua a comunidades que dependen de fuentes menores ya estresadas. En el Sur, el mismo corredor fluvial que en julio tiene niveles bajos puede, en mayo del año siguiente, registrar la creciente más severa del lustro. La línea base climática no establece cuándo hay riesgo y cuándo no: establece qué tipo de riesgo es más probable en cada zona y en cada momento del año. Esa lectura diferenciada es el punto de partida de todo el análisis que sigue.

## 1.2. Precipitación por paisaje: una señal territorial diferenciada

La lectura por paisaje permite complementar la regionalización Norte–Centro–Sur y precisar cómo la lluvia sostiene funciones distintas dentro del Chocó Biogeográfico. En este análisis, los paisajes no se interpretan únicamente como unidades físicas, sino como ambientes con diferentes formas de captar, almacenar, conducir, renovar o transferir el agua.

Por ello, una reducción de precipitación durante condiciones El Niño puede tener implicaciones distintas según ocurra en lomeríos, planicies, valles, cuerpos de agua, piedemontes, montañas o ambientes costero-estuarinos.

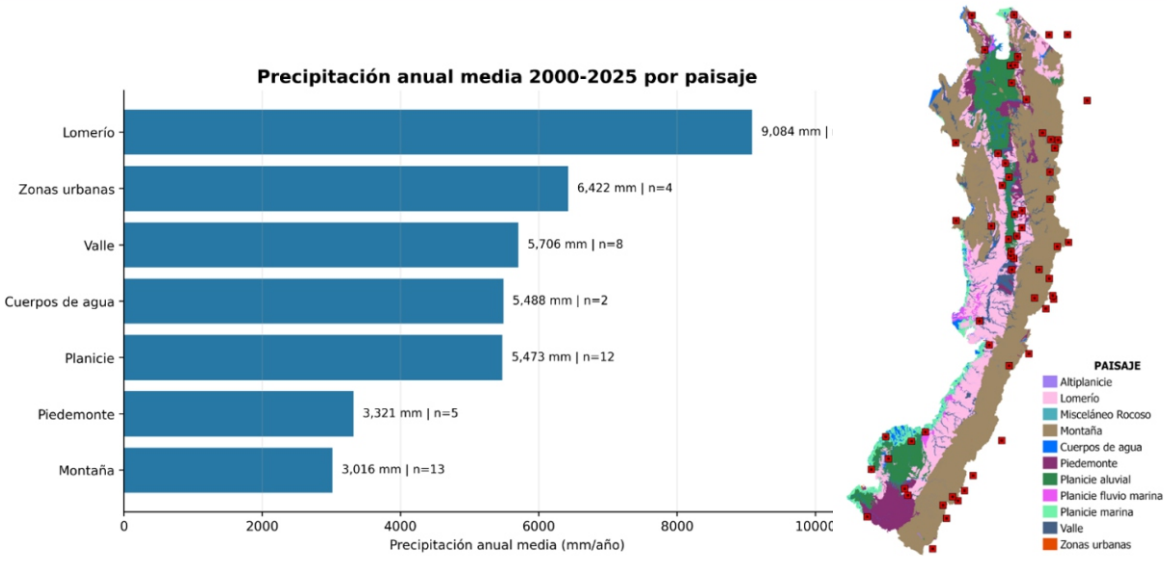
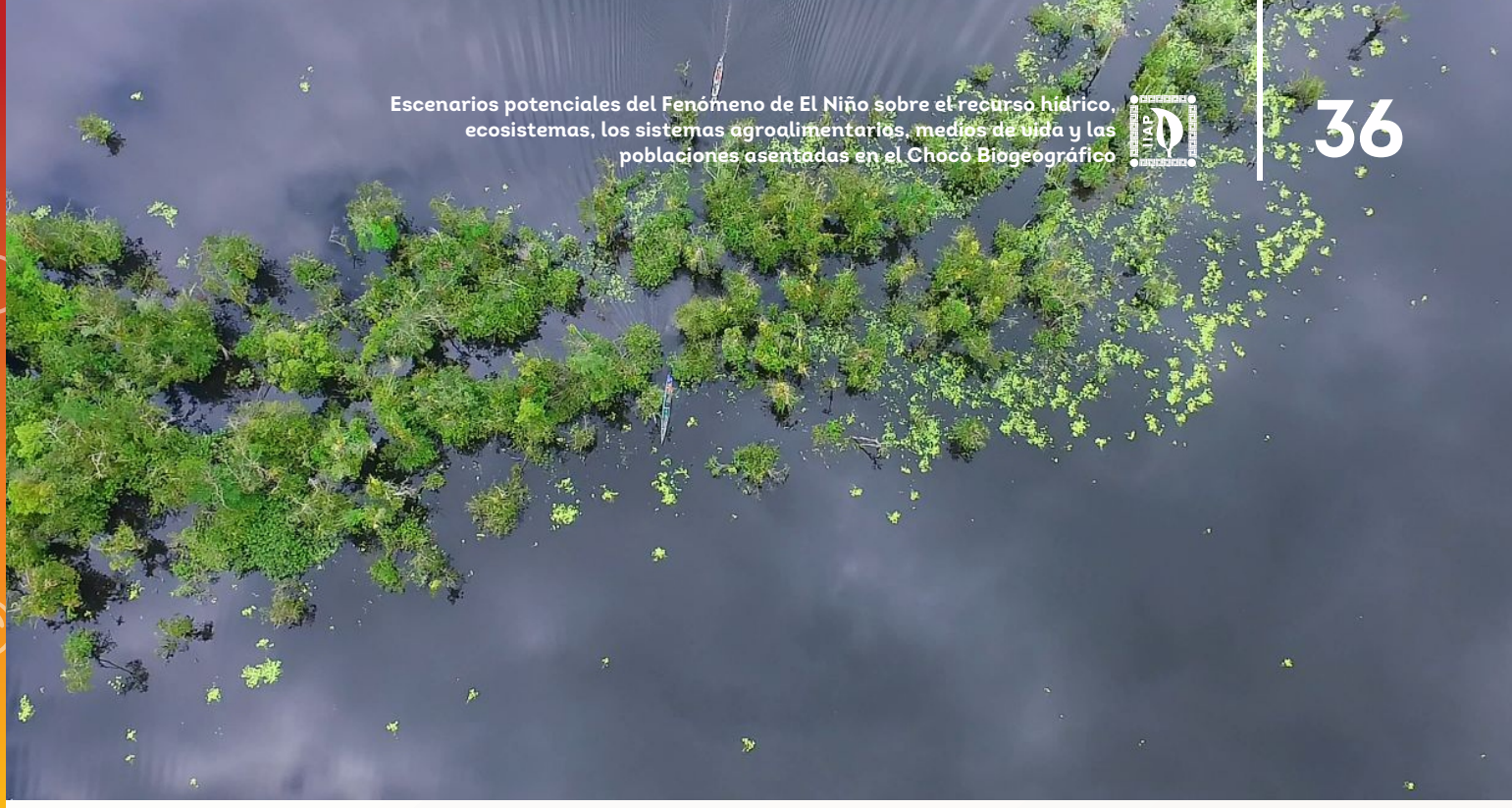



**Figura 4.** Precipitación anual media por paisaje dominante en el Chocó Biogeográfico, 2000–2025.
**Fuente:** elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME, periodo 2000–2025. Nota: el valor n indica el número de estaciones o registros agrupados en cada paisaje.

La Figura 4 muestra que el lomerío registra el mayor promedio de precipitación anual dentro de la clasificación utilizada, con valores cercanos a 9.084 mm/año. Este resultado debe leerse como una señal de alta captación de humedad en sectores de colinas bajas y relieves ondulados, donde la cobertura boscosa, la rugosidad del terreno y la exposición a flujos húmedos favorecen acumulados elevados. Sin embargo, dado que el valor depende de las estaciones disponibles en esa categoría, su interpretación debe asumirse como indicativa y no generalizarse automáticamente a todos los lomeríos del Chocó Biogeográfico.

En términos hidroclimáticos, la importancia del lomerío no está solo en registrar altos acumulados, sino en su papel como zona de captación y transferencia hacia sistemas bajos. En la base analizada, este paisaje aparece representado por estaciones como Opogodó e Istmina, asociadas al corredor del San Juan, y por Cértegui, Aeropuerto El Caraño y Tutunendo, en el entorno Atrato medio–Quibdó–Cértegui. Estos sectores combinan clima cálido muy húmedo, relieves de lomas y colinas, drenaje predominantemente bueno y régimen de humedad údico, condiciones que favorecen la infiltración, la escorrentía local y la alimentación de quebradas menores y ríos secundarios. Cuando la lluvia pierde continuidad en estos ambientes, se reduce la frecuencia de recarga hacia planicies, caños y ciénagas. En sectores como Opogodó, Istmina, Cértegui, El Caraño y Tutunendo, esta señal puede traducirse en menor aporte de quebradas menores hacia sistemas bajos y mayor presión sobre fuentes locales durante los meses de menor lluvia.

Las planicies, los valles y los cuerpos de agua cumplen una función distinta. En la clasificación analizada, estos paisajes superan los 5.000 mm/año y concentran buena parte de los centros poblados, corredores fluviales, áreas bajas, ciénagas, humedales, cultivos ribereños, movilidad menor y pesca artesanal. En la base de estaciones, esta condición se observa en sectores como Managrú, Lloró, Buchadó, Bellavista, Barranquillita, Aeropuerto Los Cedros y Unibán, asociados a planicies aluviales; así como en Andagoya, Palestina, San José del Palmar y Aeropuerto Buenaventura, vinculados a valles y planos de inundación. En estos ambientes, una reducción de los pulsos de lluvia puede disminuir la renovación de caños, brazos secundarios y zonas bajas conectadas a los ríos principales. El efecto territorial se expresa en menor circulación de agua en áreas inundables, mayor sensibilidad de cultivos ribereños y



restricciones puntuales para la movilidad menor en corredores fluviales. Los cuerpos de agua y ambientes asociados a sistemas cenagosos o fluviolacustres, representados en estaciones como Tagachí, Remolino Grande y Guasca La, requieren una lectura particular. Allí, una disminución de la continuidad de la lluvia puede afectar la renovación hídrica, la conectividad temporal entre cuerpos de agua y la calidad ambiental de sistemas dependientes de pulsos de inundación. En estos casos, el riesgo no se expresa solamente como menor precipitación, sino como reducción de la conectividad hídrica entre caños, ciénagas, humedales y ríos. Cuando ese intercambio se debilita, pueden prolongarse condiciones de agua estancada, disminuir la renovación de hábitats de pesca y aumentar la dependencia de puntos específicos de acceso al agua en comunidades ribereñas.

Uno de estos cuerpos de agua, el complejo cenagoso de Tagachí –formado por los espejos de agua La Larga y La Rinconera, conectados al río Atrato a través del caño Tagachisito–, ilustra bien esta dependencia: según caracterizaciones ambientales del IIAP, su vegetación de macrófitas, sumergida y enraizada, responde directamente a la dinámica del humedal y a su conexión con el río Atrato. Cuando los pulsos de inundación que renuevan

este espejo de agua se interrumpen, no solo cambia el paisaje: cambia la disponibilidad de los recursos pesqueros que sostienen la economía de la comunidad de Tagachí.

En los ambientes costero-estuarinos y fluvio-marinos, la precipitación cumple una función adicional: ayuda a mantener el balance entre agua dulce y agua salada. En la base analizada, esta condición se observa en estaciones como Arusí, El Charco, Mosquera y Aeropuerto Guapi, asociadas a planicies marinas o fluvio-marinas. La reducción de aportes de agua dulce puede modificar la dinámica de esteros, bocanas y manglares. El efecto no se limita al déficit de lluvia: puede sentirse en cambios de salinidad, menor renovación de canales internos, afectación de áreas de pesca y mayor sensibilidad de comunidades que dependen de la navegación corta entre ríos, esteros y litoral.

En el corredor costero del Pacífico norte chocoano (donde se ubica la estación Arusí), los manglares no son un telón de fondo: en municipios como Bajo Baudó y Litoral del San Juan llegan a cubrir hasta el 85% del área, con un estado de conservación cercano al 73%, según estudios del propio IIAP publicados en la revista Bioetnia. Estos bosques de mangle (donde predominan el mangle rojo, el mangle piñuelo y el nato) dependen de un balance preciso entre el agua dulce que aporta la lluvia y la cuña salina del océano. Una reducción sostenida de los aportes continentales durante El Niño puede desplazar esa cuña hacia el interior de los esteros, afectando los viveros naturales donde se reproducen peces, camarones y moluscos que son la base de la pesca artesanal y, con ella, de la alimentación de las comunidades del litoral

El piedemonte y la montaña presentan los menores acumulados relativos dentro de la clasificación, con valores cercanos a 3.321 mm/año y 3.016 mm/año, respectivamente.

Aunque estos registros siguen siendo altos frente a otras regiones del país, dentro del Chocó Biogeográfico indican ambientes donde las pausas secas pueden sentirse primero sobre nacimientos, quebradas de cabecera, suelos delgados, laderas y fuentes comunitarias. En la base analizada, el piedemonte aparece en sectores como Mataje, Pueblo Rico, Villarteaga, Unguía, La Arboleda y Bolívar; mientras que la montaña está representada por estaciones como Carmen de Atrato, Urrao, Queremal, Lituania, Mistrató, Acandí y Cupica. En la montaña se ubican cabeceras de ríos estructurantes como el Atrato, San Juan, Baudó, Andágueda, Dagua, Anchicayá, Naya, Micay, Patía y Mira; mientras que en piedemontes, colinas y laderas bajas se forman o alimentan drenajes como el Mataje, Telembí, Güiza, Rosario, Chagüí, Mejicano, Bebará, Bebaramá, Bojayá y Domingodó. La señal territorial aparece cuando disminuye el aporte desde zonas altas hacia drenajes locales y aumenta la presión sobre captaciones comunitarias ubicadas en laderas o piedemontes.

Esta lectura por paisaje permite identificar qué función hídrica puede debilitarse primero durante condiciones El Niño. En los lomeríos, la captación y transferencia hacia zonas bajas; en planicies y cuerpos de agua, la conectividad entre caños, ciénagas y ríos; en ambientes costero-estuarinos, el equilibrio entre aportes dulces, esteros y manglares; y en piedemontes y montañas, la producción de agua que sostiene quebradas y fuentes menores.

## 1.3.Climatología mensual y concepto de anomalía

La climatología mensual 2000–2025 permite establecer el comportamiento esperado de la lluvia para cada mes del año y para cada régimen hidroclimático del Chocó Biogeográfico.

Esta referencia es fundamental porque en una región de alta precipitación la lectura del riesgo no depende únicamente del volumen observado, sino de su relación con la normalidad climática de cada zona. Un mismo acumulado mensual puede ser suficiente en un territorio y deficitario en otro, dependiendo de la lluvia que históricamente sostiene sus ríos, quebradas, ciénagas, suelos y sistemas productivos.

Un ejemplo concreto ayuda a entender esto. En agosto, el régimen Norte espera en promedio 345 mm de lluvia, el Centro espera 475 mm y el Sur apenas 158 mm. Si en ese mes registramos 300 mm en los tres regímenes simultáneamente, ese valor idéntico significa tres situaciones completamente distintas: en el Norte, es un déficit leve de 45 mm, casi dentro de la normalidad; en el Centro, es un déficit de 175 mm, equivalente a perder más de un tercio de la lluvia esperada en el mes más húmedo del año para los ríos Atrato, San Juan y Baudó; y en el Sur, ese mismo valor de 300 mm es en realidad un excedente de 142 mm sobre el promedio, lo que en municipios como Timbiquí, López de Micay o Barbacoas puede ser suficiente para desbordar ríos de respuesta rápida. Trescientos milímetros de lluvia: déficit en el Centro, normalidad relativa en el Norte, excedente en el Sur. Por eso el análisis que sigue no trabaja con milímetros absolutos, sino con anomalías: la diferencia entre lo que llovió y lo que normalmente debería llover en esa zona y en ese mes.

La serie muestra que el Chocó Biogeográfico mantiene lluvias durante todo el año, pero con una estacionalidad relativa marcada por dos pulsos de mayor acumulación: uno entre abril y mayo, y otro entre octubre y noviembre. No se trata de una bimodalidad clásica con estación seca definida, sino de un régimen húmedo permanente donde enero, febrero y marzo representan la ventana de menor precipitación regional.

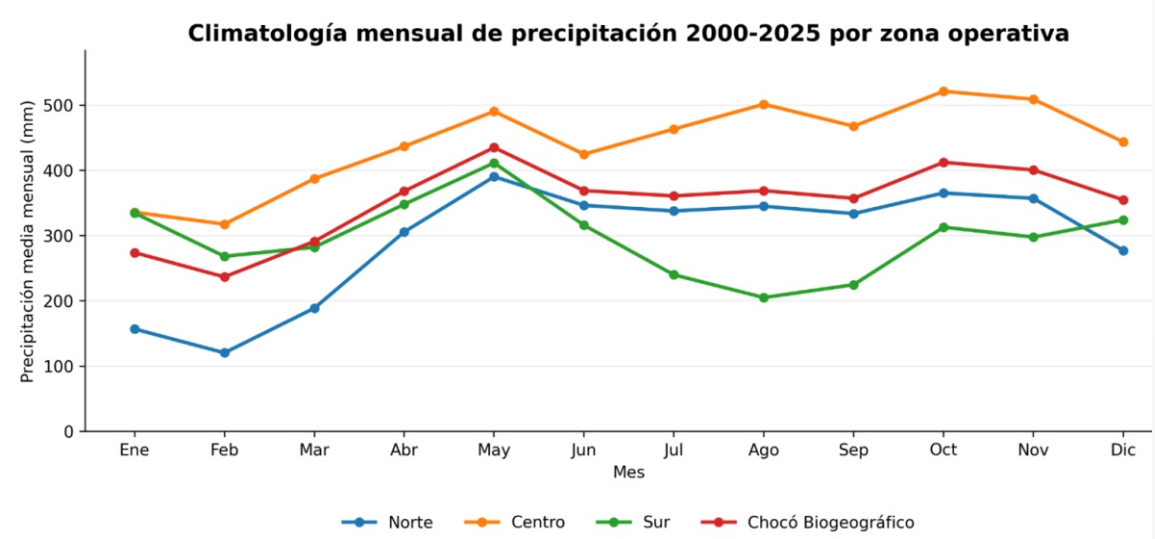



**Figura 5.** Climatología mensual de precipitación por zona operativa del Chocó Biogeográfico, 2000–2025. Fuente: elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME, periodo 2000–2025.

| Zona | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Norte | 157,0 | 120,4 | 188,8 | 305,7 | 390,2 | 346,4 | 337,7 | 344,9 | 333,7 | 365,3 | 357,0 | 277,1 | 3524,2 |
| Centro | 335,7 | 317,5 | 387,1 | 436,6 | 490,2 | 424,7 | 463,2 | 501,2 | 467,6 | 521,0 | 508,8 | 443,5 | 5297,1 |
| Sur | 334,5 | 268,3 | 282,2 | 348,0 | 411,3 | 315,8 | 239,9 | 205,1 | 224,7 | 312,9 | 297,7 | 324,1 | 3564,5 |
| Chocó Biogeográfico | 273,9 | 236,7 | 291,1 | 368,1 | 434,9 | 368,9 | 360,7 | 368,8 | 357,0 | 412,2 | 400,5 | 354,6 | 4227,4 |

**Tabla 1.** Climatología mensual de precipitación por zona operativa del Chocó Biogeográfico, 2000-2025. Fuente: elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME.

La zona Centro presenta los mayores acumulados dentro de la regionalización operativa, asociada al núcleo hiperhúmedo del Chocó Biogeográfico. La zona Norte registra menores valores relativos en algunos meses, especialmente al inicio del año, mientras que la zona Sur muestra una distribución más variable, con meses de reducción relativa y otros de mayor acumulación, especialmente según la localización costera, fluvial o de transición. La zona Centro registra los mayores acumulados mensuales y anuales dentro de la regionalización operativa, con



un total medio cercano a 5.297 mm/año. Esta condición confirma su papel como núcleo hiperhúmedo del Chocó Biogeográfico, especialmente asociado al corredor Atrato–San Juan–Baudó.

La zona Norte presenta menores valores relativos, con un total medio anual cercano a 3.524 mm/año y mínimos más marcados al inicio del año. Esta condición hace que territorios del Darién, Urabá chocoano, Bajo Atrato y litoral Pacífico norte puedan responder con mayor rapidez cuando se prolongan pausas secas o se reduce la renovación hídrica. Allí, el seguimiento debe concentrarse en fuentes menores, humedales de transición, complejos cenagosos, coberturas expuestas a incendios y comunidades con alta dependencia de captaciones locales. (Incendios, mencionarlos)

La zona Sur presenta un total medio anual cercano a 3.565 mm/año, pero con una distribución mensual más irregular. A diferencia del Centro, donde predomina una señal de alta humedad sostenida, el Sur combina influencia costera, ríos de

respuesta rápida, sistemas fluviolacustres, piedemontes y transición andina. Esta configuración permite que puedan coexistir meses de reducción relativa con episodios localizados de lluvia intensa, especialmente en sectores asociados a Guapi, Timbiquí, López de Micay, Barbacoas, El Charco, Tumaco y áreas vecinas. Por ello, la lectura climática del Sur debe considerar tanto déficit relativo como cambios bruscos en la respuesta hidrológica.

A partir de esta línea base se calculan las anomalías de precipitación. Una anomalía es la diferencia entre la precipitación observada en un mes o año determinado y la precipitación que normalmente se espera para ese mismo periodo según la climatología. Cuando la lluvia observada es menor que la normal, se habla de anomalía negativa o déficit; cuando es mayor, se habla de anomalía positiva o excedente.

Esta aclaración evita una confusión frecuente: en una región muy húmeda, un mes puede tener lluvias altas en términos absolutos y aun así estar en déficit si llovió menos de lo normal para ese lugar y ese mes. En este documento, la anomalía se lee siempre contra la climatología de referencia, no como ausencia absoluta de lluvia.

## 1.4.Comportamiento histórico durante los eventos recientes de El Niño

Para este análisis se consideran los episodios 2014–2016, 2018–2019 y 2023–2024. El evento 2014–2016 se utiliza como referencia principal por su intensidad y duración; 2018–2019 permite observar una señal cálida más débil o moderada; y 2023–2024 aporta una lectura reciente sobre la respuesta del territorio ante condiciones cálidas del ENOS.

Las afectaciones territoriales se contextualizan con el consolidado DesInventar/UNGRD para el Chocó Biogeográfico. Estos registros no se interpretan como impactos causados automáticamente por El Niño, sino como eventos reportados durante periodos asociados a condiciones cálidas del ENOS, útiles para identificar coincidencias entre déficit pluviométrico, lluvias localizadas, exposición territorial y vulnerabilidades preexistentes.

| Año | Periodo asociado | Anomalía anual (%) | Lectura territorial |
|---|---|---|---|
| **2014** | Inicio del evento 2014-2016 | **-6,3%** | Déficit leve a moderado, con señal espacial mixta. |
| **2015** | Fase de mayor intensidad | **-17,1%** | Déficit fuerte y más generalizado. |
| **2016** | Fase madura/final | **-7,3%** | Déficit moderado con persistencia parcial del efecto. |
| **2018** | Año cálido con señal Niño débil/transición | **-5,8%** | Déficit leve a moderado, con reducción regional y contrastes mensuales. |
| **2019** | Condiciones cálidas débiles y señal territorial mixta | **-6,9%** | Déficit moderado, con eventos hidrometeorológicos simultáneos en varios regímenes. |
| **2023** | Inicio del evento reciente | **-9,3%** | Déficit moderado frente a la climatología. |
| **2024** | Continuidad/transición del evento reciente | **-3,8%** | Déficit leve, con alta heterogeneidad espacial. |

**Tabla 2.** Anomalía anual de precipitación durante eventos El Niño recientes en el Chocó Biogeográfico. Fuente: elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME y climatología 2000–2025.

El evento 2014–2016 constituye el principal referente reciente por su intensidad, duración y señal deficitaria. En 2014 se observó una fase de transición, con anomalía regional negativa y contrastes entre zonas; en 2015 se concentró la mayor reducción pluviométrica del periodo, con una anomalía regional cercana a -17,1%; y en 2016 la señal negativa persistió parcialmente, aunque con menor intensidad. En conjunto, el consolidado DesInventar/UNGRD reporta para este episodio 87 eventos, 112.804 personas afectadas, 309 viviendas destruidas,

8.313 viviendas averiadas y 17.998,5 hectáreas afectadas, con predominio de inundaciones. Esta combinación evidencia que un evento El Niño fuerte no elimina la ocurrencia de emergencias por exceso de agua: puede coincidir con déficit regional, pero también con crecientes, desbordamientos o lluvias concentradas en territorios específicos.

El episodio 2018–2019 permite observar una señal cálida menos intensa, pero territorialmente relevante. En 2018 se presentó anomalía regional negativa, aunque el consolidado revisado no reporta eventos para ese año; esta ausencia debe leerse como falta de registros documentados en la fuente, no como inexistencia absoluta de impactos. En 2019, por el contrario, DesInventar/UNGRD reporta 137 eventos, 108.766 personas afectadas, 26.026 familias afectadas, 281 viviendas destruidas, 5.777 viviendas averiadas y 7.541 hectáreas afectadas, con predominio de inundaciones. Esto muestra que una señal cálida débil o moderada también puede coincidir con afectaciones importantes cuando interactúa con lluvias localizadas, ocupación de zonas ribereñas, exposición de viviendas y fragilidad de sistemas comunitarios.

El evento 2023–2024 presenta una lectura distinta. Aunque ambos años registraron anomalías regionales negativas, la señal fue más heterogénea que en 2015. En 2023 predominó una lectura deficitaria regional acompañada de eventos hidrometeorológicos reportados. Para el episodio 2023–2024, el consolidado DesInventar/UNGRD registra 280 eventos, 275.140 personas afectadas, 75.878 familias afectadas, 299 viviendas destruidas y 35.414 viviendas averiadas. A diferencia de otros años, en 2024 se presentaron varios incendios forestales (xxx), lo que refuerza la necesidad de mirar no solo el total regional de lluvia, sino la distribución espacial del déficit y la persistencia de pausas secas en paisajes expuestos.

Los resultados apuntan a una señal clara: El Niño puede reducir de forma importante la precipitación del Chocó Biogeográfico, pero no lo hace igual en todas partes. Por eso, la preparación no debería partir de una alerta única para todo el territorio, sino de la identificación de corredores, paisajes y sistemas donde el déficit relativo, las pausas secas o los excesos puntuales puedan generar mayores impactos.

## 1.4.1. 2014, inicio del evento 2014–2016: primeras señales de alteración hidroclimática

El año 2014 marcó el inicio del evento El Niño 2014–2016 y presentó una anomalía anual regional aproximada de -264,9 mm frente a la climatología 2000–2025. Esta señal no fue homogénea: el déficit se concentró principalmente en el régimen Centro, con -733,1 mm, mientras que el Norte registró una reducción menor, cercana a -164,9 mm. En contraste, el Sur cerró el año con un excedente aproximado de +333,9 mm. Esta distribución confirma que 2014 debe interpretarse como un año de transición: la señal deficitaria empezó a instalarse en el núcleo hiperhúmedo Atrato–San Juan–Baudó, pero el Pacífico sur mantuvo lluvias suficientes para generar excedentes y eventos fluviales localizados.

La evolución mensual muestra que la señal negativa no se sostuvo con la misma intensidad durante todo el año. En el primer trimestre, el balance regional fue cercano a la normalidad, con excedentes leves en enero y febrero, y una reducción moderada en marzo. A partir de abril comenzaron a aparecer déficits más claros, especialmente en el Centro, donde mayo, julio, agosto, octubre y noviembre mostraron reducciones importantes frente a la climatología. Julio fue el mes de mayor déficit regional, con

una anomalía aproximada de -99,9 mm, mientras que octubre y noviembre mantuvieron balances negativos regionales de -28,8 mm y -56,9 mm, respectivamente.

La lectura territorial de 2014 se vuelve más clara al observar octubre. Aunque el Chocó Biogeográfico registró una anomalía regional negativa de -28,8 mm, el comportamiento por zonas fue contrastante: el Centro presentó el mayor déficit mensual, con -140,4 mm; el Norte también estuvo por debajo de su normalidad, con -35,0 mm; y el Sur registró un excedente marcado de +145,4 mm. Esta diferencia explica por qué un mismo mes puede combinar reducción regional de lluvia con crecientes e inundaciones en sectores específicos.

En el Centro, el déficit no impidió afectaciones sobre sistemas fluviales; en el Sur, el excedente mensual favoreció eventos asociados a ríos de respuesta rápida.

Durante los meses asociados a condiciones El Niño en 2014, el consolidado DesInventar/UNGRD registra 9 inundaciones, 2 vendavales y 1 evento de erosión. Las inundaciones fueron el tipo de evento más frecuente y acumularon 2.982 personas afectadas, 28 viviendas destruidas, 723 viviendas averiadas y 116 hectáreas afectadas. Esta evidencia muestra que la fase inicial de El Niño no se expresó como ausencia de eventos hidrometeorológicos, sino como una combinación entre déficit pluviométrico regional, contrastes mensuales y afectaciones fluviales localizadas

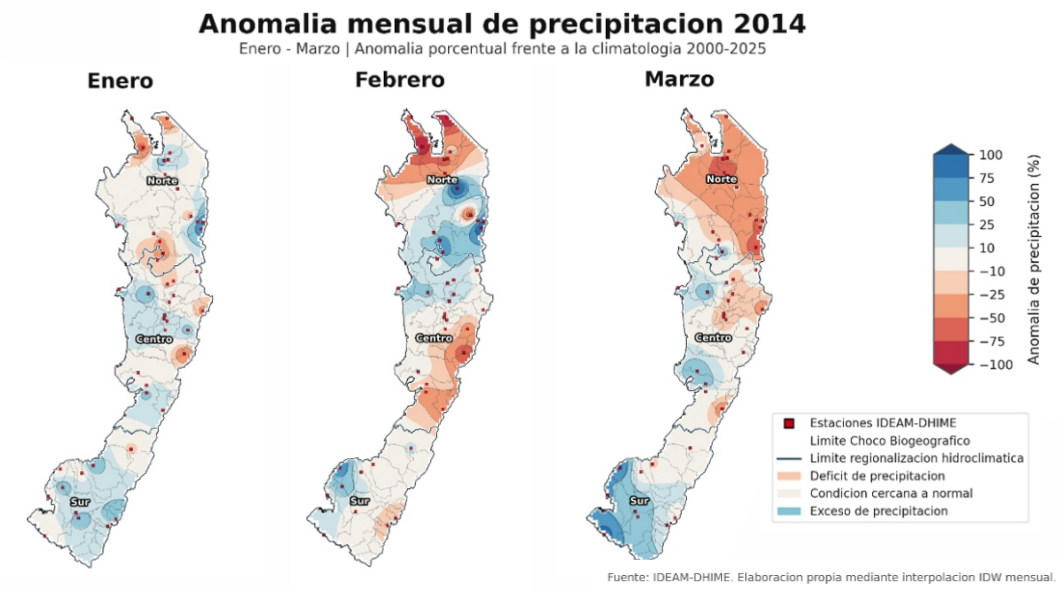
En octubre se concentraron los principales reportes. En Medio Atrato, la creciente del río Bebará dejó 2.982 personas afectadas, 22 viviendas destruidas y 554 viviendas averiadas, en un mes donde el régimen Centro registraba un déficit de -140,4 mm.

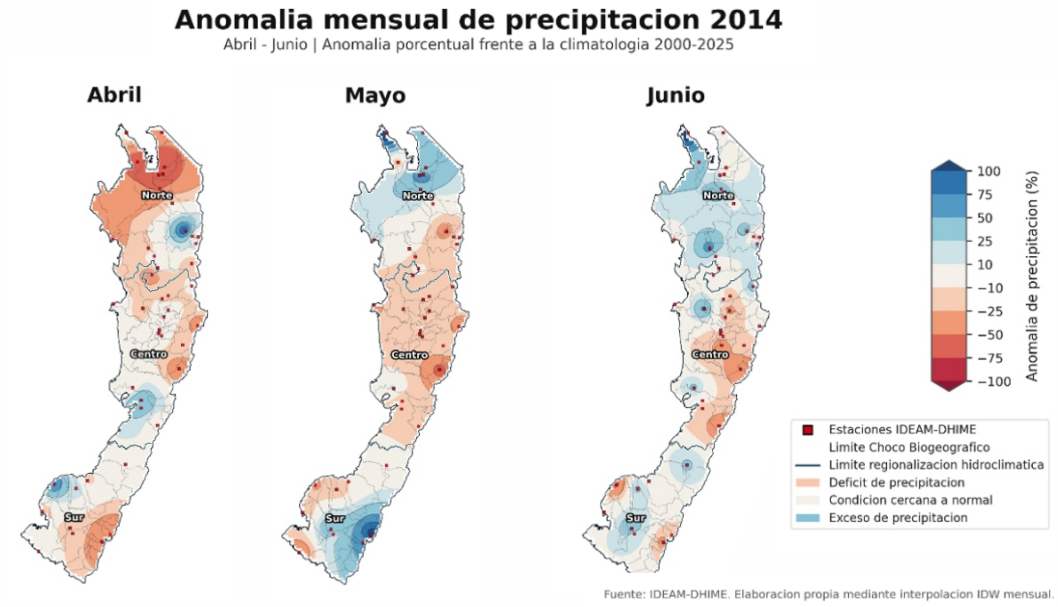
En Carmen del Darién, el desbordamiento del río Jiguamiandó afectó comunidades como Caño Seco y Bella Flor Remacho, con 82 viviendas averiadas. En Bajo Baudó se reportó desbordamiento del río Ordó. Al mismo tiempo, el Sur presentó excedente mensual y registró crecientes e inundaciones en Timbiquí, Barbacoas y Roberto Payán: el río Saija dejó viviendas destruidas y averiadas en Timbiquí; el río Telembí generó afectaciones en Barbacoas; y en Roberto Payán se reportaron viviendas averiadas y hectáreas afectadas.

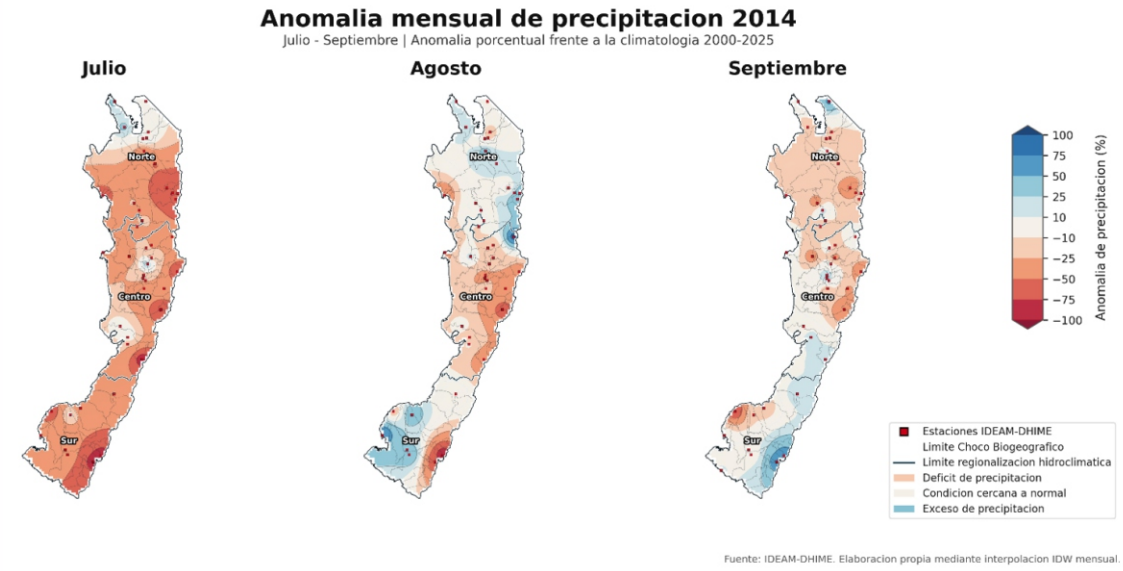
En noviembre, la anomalía regional continuó siendo negativa, cercana a -56,9 mm. El Centro mantuvo déficit de -101,2 mm y el Norte de -37,1 mm, mientras que el Sur presentó una reducción leve, cercana a -14,6 mm. En este contexto se reportó una inundación en Chigorodó asociada al río León. En diciembre, el balance regional siguió ligeramente por debajo de la climatología, con -9,5 mm, y se registró una inundación en Buenaventura asociada al desbordamiento del río Escalaret.

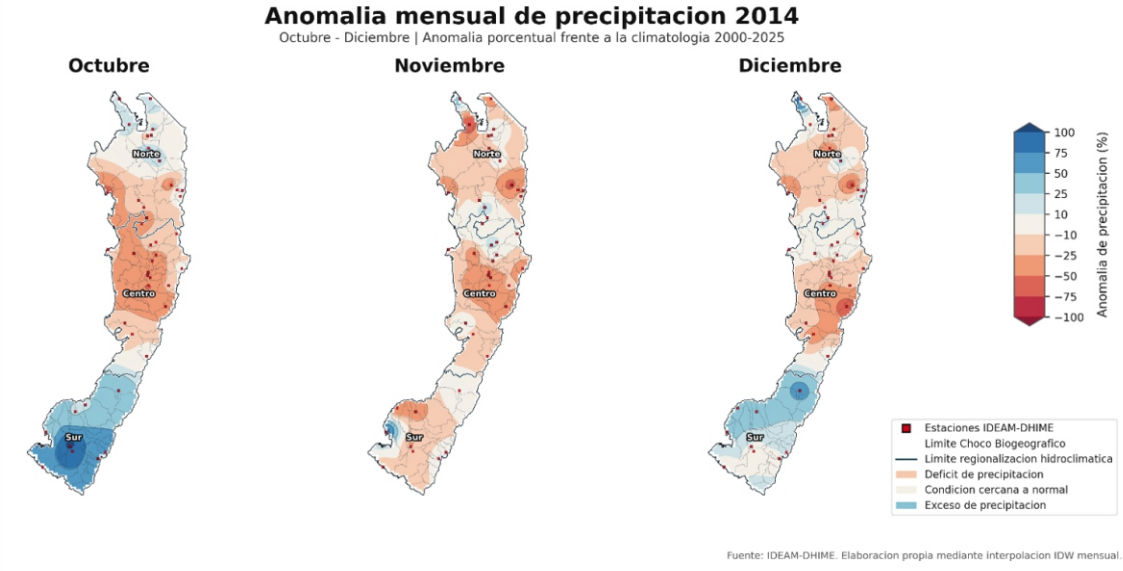
Finalmente, el balance entre el total del episodio 2014-2016 fue de 87 eventos, 112.804 personas afectadas, 309 viviendas destruidas, 8.313 viviendas averiadas y 17.998,5 hectáreas afectadas y los consolidados específicos de 2015 y 2016, presentados en sus respectivos apartados, permite estimar para 2014 un total de 17 eventos, 4.831 personas afectadas, 94 viviendas destruidas, 836 viviendas averiadas y 116 hectáreas afectadas. De estos 17 eventos, la fuente consultada caracteriza individualmente 12: las 9 inundaciones, los 2 vendavales y el evento de erosión descritos arriba. Los 5 eventos restantes no cuentan con tipificación detallada en el consolidado disponible para este análisis, lo que constituye una limitación a resolver en futuras actualizaciones.

2014 funciona, entonces, como la primera lección del evento 2014-2016: el inicio de El Niño no produjo una respuesta uniforme en el Chocó Biogeográfico. El déficit anual se instaló con mayor claridad en el Centro, pero los impactos reportados se concentraron en corredores fluviales específicos, tanto en zonas deficitarias como en sectores con excedente mensual.



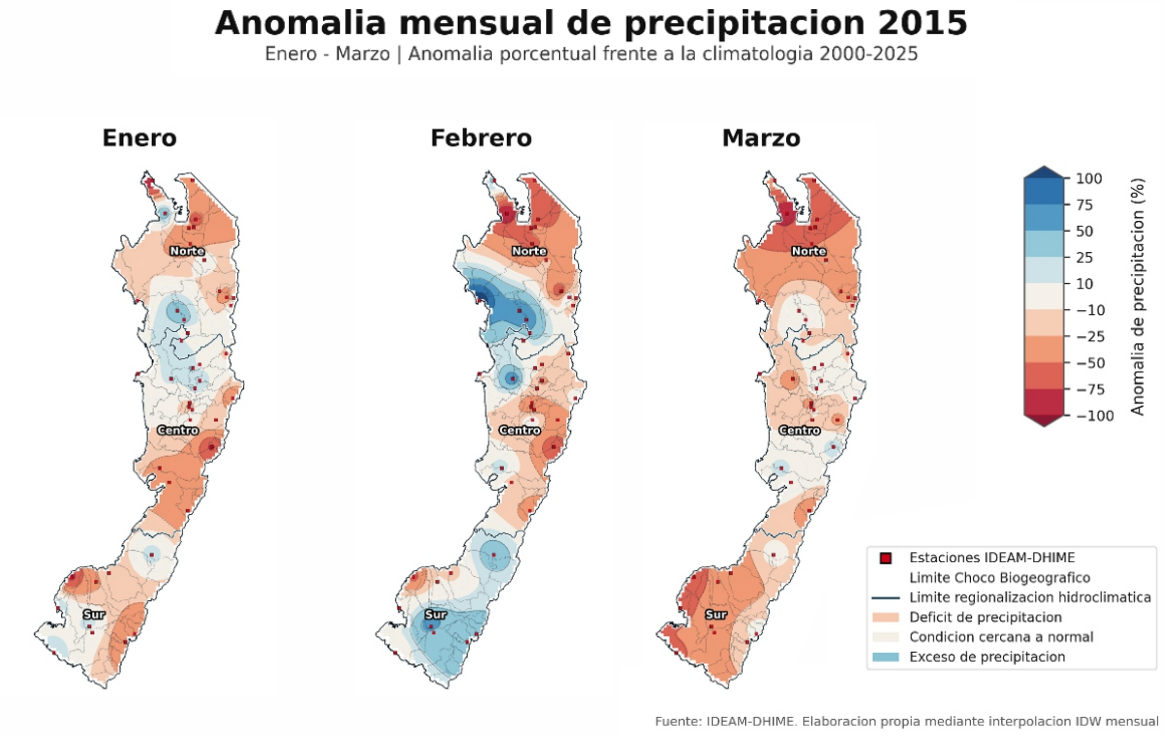



| Zona | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Norte | -1,0 | 23,5 | -38,5 | -63,1 | 30,1 | 55,0 | -98,3 | 28,4 | -22,5 | -35,0 | -37,1 | -6,4 | -164,9 |
| Centro | 20,0 | 13,2 | -29,3 | -17,2 | -91,3 | -47,3 | -109,5 | -127,5 | -38,9 | -140,4 | -101,2 | -63,9 | -733,1 |
| Sur | 48,2 | 14,8 | 72,5 | -25,6 | 31,5 | 34,7 | -91,3 | 35,2 | 8,8 | 145,4 | -14,6 | 74,2 | 333,9 |
| Chocó Biogeográfico | 20,5 | 16,0 | -10,2 | -39,4 | -16,4 | 10,3 | -99,9 | -27,5 | -23,1 | -28,8 | -56,9 | -9,5 | -264,9 |

# 1.4.2. 2015, el año crítico: anomalías de precipitación durante 2015

El año 2015 constituye el principal referente reciente para interpretar la respuesta del Chocó Biogeográfico ante un evento El Niño fuerte. La comparación con la climatología 2000–2025 muestra una anomalía anual regional cercana a -724,4 mm, equivalente a un déficit aproximado de -17,1 %. La reducción no fue homogénea: el régimen Centro concentró el mayor déficit anual, con -1.257,2 mm, seguido por el Norte, con -566,6 mm. El Sur presentó una señal menos uniforme, con un balance anual cercano a -110,9 mm, resultado de meses deficitarios combinados con excedentes puntuales.



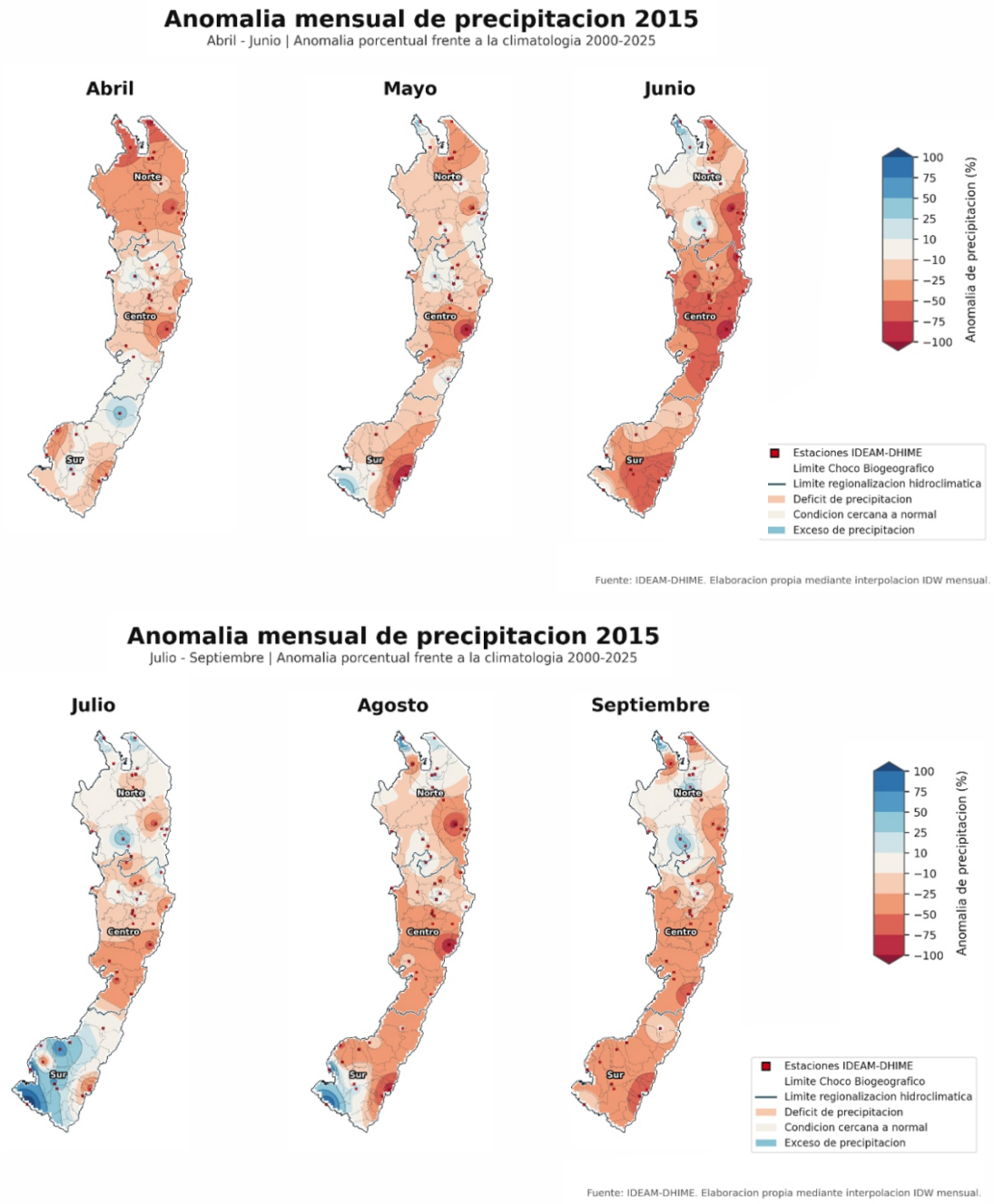



**Figura 7.** Anomalía mensual de precipitación durante 2015 frente a la climatología 2000–2025 en el Chocó Biogeográfico.
**Fuente:** elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME y climatología 2000–2025.

| Régimen hidroclimático | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Norte | -8,3 | 28,4 | -51,6 | -93,4 | -52,9 | -69,8 | -2,8 | -11,4 | -25,3 | -61,8 | -71,4 | -146,3 | -566,6 |
| Centro | -13,3 | -55,2 | -44,2 | -59,1 | -111,8 | -190,1 | -96,7 | -124,1 | -146,1 | -118,5 | -125,6 | -172,7 | -1257,2 |
| Sur | -20,7 | 43,1 | -61,4 | -16,7 | -109,0 | -89,4 | 97,8 | -7,7 | -59,4 | 116,0 | 101,3 | -104,8 | -110,9 |
| Chocó Biogeográfico | -15,7 | -1,5 | -54,5 | -61,9 | -90,3 | -120,6 | -13,3 | -56,0 | -81,8 | -37,3 | -47,3 | -144,3 | -724,4 |

**Tabla 3.** Anomalía mensual de precipitación por zona durante 2015 frente a la climatología 2000-2025. Fuente: elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME.

Esta distribución permite diferenciar tres respuestas territoriales. En el Centro, el déficit afectó el núcleo hiperhúmedo Atrato–San Juan–Baudó, donde la lluvia sostiene quebradas, ríos secundarios, ciénagas, humedad del suelo, movilidad fluvial y calidad del agua. En el Norte, la reducción anual aumentó la sensibilidad de fuentes menores, humedales de transición, coberturas expuestas a incendios y comunidades dependientes de captaciones locales. En el Sur, la menor anomalía anual no significó ausencia de riesgo, sino una señal más variable, con meses capaces de activar respuestas fluviales puntuales.

El consolidado DesInventar/UNGRD registra 45 eventos para 2015 en el Chocó Biogeográfico. En términos de afectación total, se reportaron 74.325 personas afectadas, 140 viviendas destruidas, 6.573 viviendas averiadas y 6.017,5 hectáreas afectadas. Para la lectura hidroclimática del año sobresalen principalmente 12 inundaciones, 9 vendavales, 3 incendios forestales y 2 marejadas. Las inundaciones concentraron la mayor afectación poblacional, con 63.040 personas afectadas, 5.175 viviendas averiadas, 58 viviendas destruidas y 5.429 hectáreas afectadas.

La revisión mensual ayuda a ubicar los primeros impactos del año. En enero, la inundación reportada en Bojayá, asociada al río Bojayá, afectó 5.160 personas y 860 viviendas, en un contexto de anomalía levemente negativa en el régimen Norte. En febrero, las inundaciones en Medio Baudó y Alto Baudó ocurrieron en el régimen Centro, donde la anomalía mensual fue aproximadamente de -55,2 mm. Estos reportes muestran la sensibilidad de comunidades ribereñas localizadas en sistemas donde la exposición al río, la ocupación de zonas bajas y la respuesta de subcuencas específicas pueden amplificar la afectación.

En mayo y junio, el patrón de eventos fue más diverso. En mayo, con déficit mensual generalizado en los tres regímenes, se reportaron una marejada en Juradó, un vendaval en Medio San Juan, una inundación en Tumaco y un incendio forestal en Turbo. En junio, el vendaval registrado en Unguía afectó 2.890 personas, 573 viviendas y 237 hectáreas, en un mes con anomalía negativa en el Norte. Esta combinación amplía la lectura del riesgo en 2015: no se trató únicamente de inundaciones, sino también de exposición costera, viento fuerte, coberturas sensibles al fuego y viviendas vulnerables ante eventos súbitos.

El contraste más marcado se presentó en noviembre. Mientras el Chocó Biogeográfico mantenía una anomalía regional negativa, el régimen Sur registró un excedente mensual cercano a +101,3 mm. En ese contexto se reportaron inundaciones en Guapi y Timbiquí. En Guapi, el desbordamiento del río Napi afectó 8.310 personas, 581 viviendas y 1.370 hectáreas; en Timbiquí, la inundación afectó 28.400 personas, 154 viviendas y 4.059 hectáreas. Estos casos ubican al Pacífico sur como un territorio donde la señal mensual puede apartarse del promedio regional y producir impactos significativos sobre ríos, planicies bajas y comunidades estuarinas.

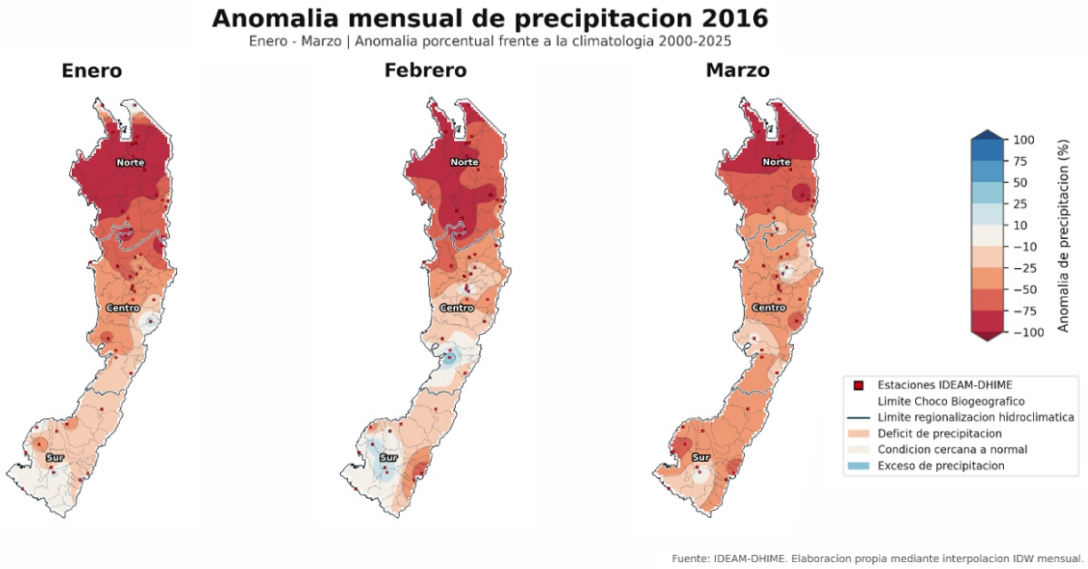
Detrás de la cifra de 28.400 personas afectadas en Timbiquí hay un patrón que se repite en el Pacífico sur: comunidades asentadas sobre las orillas del río Saija, donde la vivienda, el cultivo de pancoger y la vía de acceso son la misma franja de tierra. Cuando el río sube, no solo se inunda una casa: se interrumpe al mismo tiempo el lugar donde se duerme, donde se cultiva y por donde se navega para llegar al puesto de salud o a la escuela. Esta superposición de funciones en un mismo espacio (vivienda, producción y movilidad) es lo que explica por qué, en el Pacífico sur, un excedente mensual de lluvia puede traducirse en una afectación que se mide en miles de personas, incluso en un año que en el balance regional aparece como deficitario.

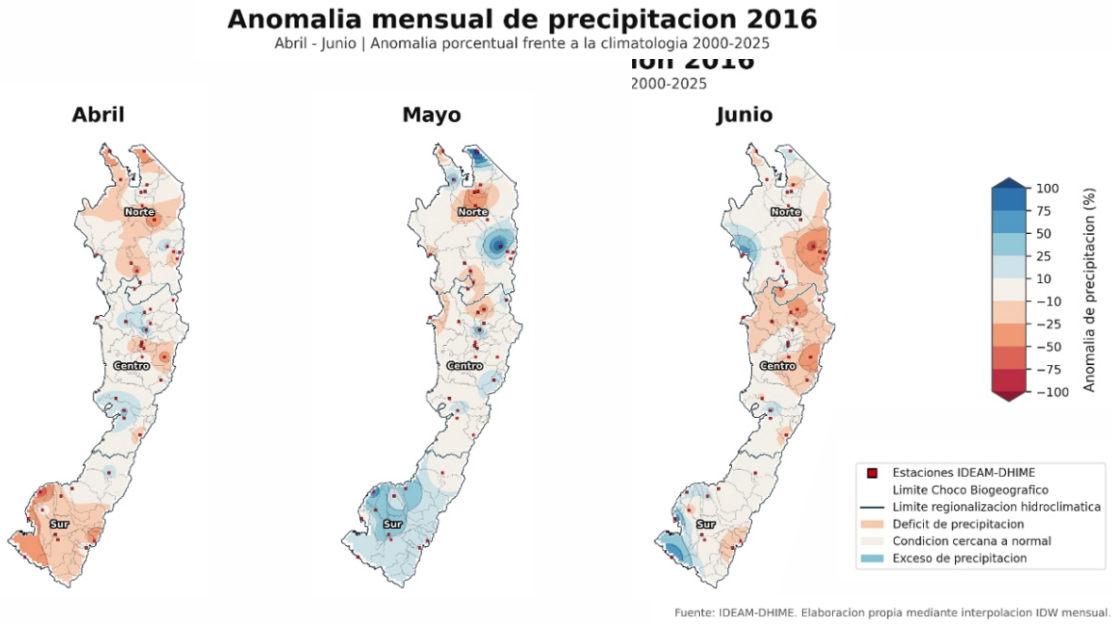
La lectura de 2015 deja una conclusión central para la gestión del riesgo climático: el año más deficitario del periodo reciente no debe entenderse como un año sin emergencias hidrometeorológicas. Su importancia radica en que reúne, en un mismo periodo, déficit pluviométrico fuerte, afectaciones por inundación, eventos de viento, marejada, incendios forestales y contrastes territoriales marcados entre Norte, Centro y Sur. Por eso, 2015 debe usarse como año crítico de referencia para evaluar no solo cuánto se redujo la lluvia, sino qué territorios mantuvieron exposición a eventos súbitos y qué sistemas mostraron mayor sensibilidad ante la pérdida de regularidad hídrica.

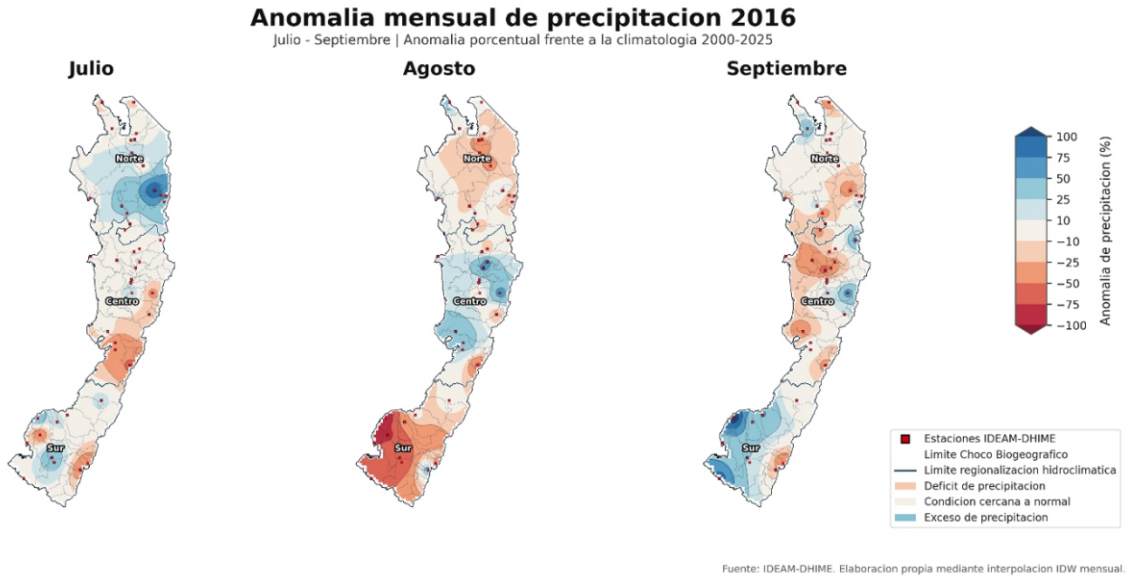
## 1.4.3. 2016, cierre del evento 2014 - 2016

El año 2016 corresponde a la fase madura y final del evento El Niño 2014–2016. Frente a la climatología 2000–2025, el Chocó Biogeográfico presentó una anomalía anual aproximada de -307,4 mm. El déficit fue más marcado en el régimen Centro, con -462,1 mm, seguido del Norte, con -281,0 mm, mientras que el Sur presentó una reducción anual mucho menor, cercana a -35,2 mm.

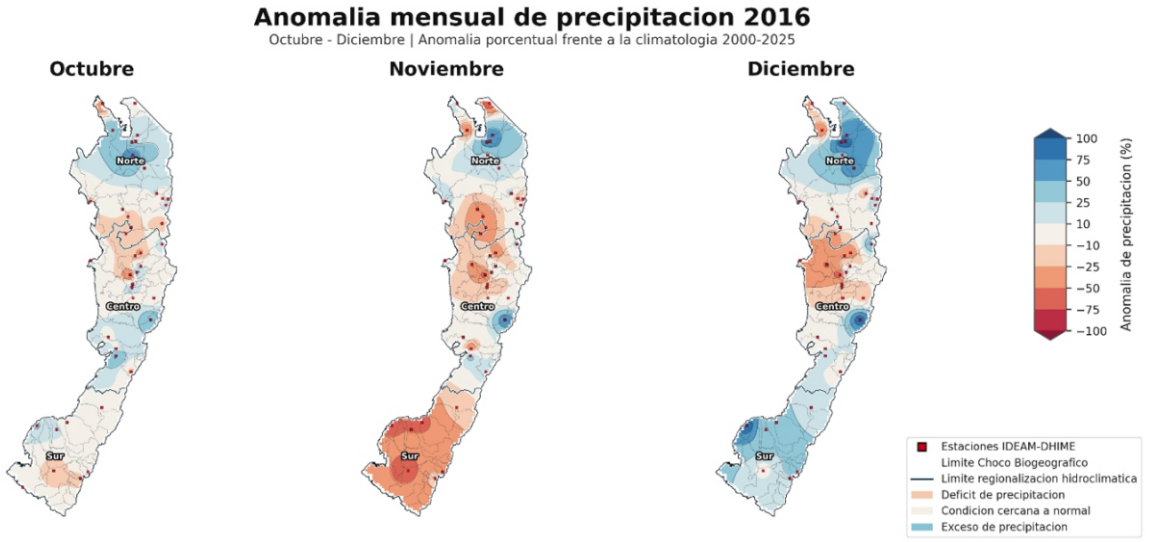
La señal más crítica se concentró durante el primer trimestre, con anomalías regionales de -100,1 mm en enero, -60,7 mm en febrero y -97,2 mm en marzo. Esto indica que 2016 no tuvo la intensidad deficitaria de 2015, pero inició con una reducción clara de lluvias, especialmente en el Norte y el Centro.






Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.

| Régimen hidroclimático | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Norte** | -116,5 | -87,8 | -105,3 | -25,9 | 6,3 | -0,6 | 34,3 | -31,4 | -12,2 | 4,9 | -1,5 | 54,7 | -281,0 |
| **Centro** | -131,8 | -53,7 | -99,5 | 13,6 | -18,1 | -44,4 | -43,1 | 72,0 | -80,3 | 26,9 | -54,6 | -49,2 | -462,1 |
| **Sur** | -28,7 | -30,5 | -77,8 | -45,6 | 93,2 | 41,6 | 43,1 | -74,9 | 64,8 | -2,6 | -90,4 | 72,5 | -35,2 |
| **Chocó Biogeográfico** | -100,1 | -60,7 | -97,2 | -18,6 | 19,1 | -7,4 | 4,1 | -15,7 | -18,9 | 10,7 | -38,0 | 15,2 | -307,4 |

El consolidado DesInventar/UNGRD registra 25 eventos para 2016 en el Chocó Biogeográfico durante meses asociados a condiciones El Niño. En términos generales, se reportaron 33.648 personas afectadas, 75 viviendas destruidas, 904 viviendas averiadas y 11.865 hectáreas afectadas. Para la lectura hidroclimática del año sobresalen principalmente 11 inundaciones, 5 movimientos en masa, 4 incendios forestales y 1 avenida torrencial. Los incendios estructurales y otros registros de origen antrópico o tecnológico se mantienen dentro del total reportado, pero no constituyen el eje central de la interpretación hidroclimática.

En enero, la señal deficitaria regional coincidió con afectaciones en el régimen Sur. En Tumaco se reportó una inundación con 2.700 personas afectadas y 540 viviendas averiadas, mientras que en Timbiquí se registró un movimiento en masa con una vivienda destruida. Estos casos muestran que, incluso durante un mes regionalmente deficitario, pueden presentarse eventos localizados en sectores donde la lluvia se concentra sobre ríos cortos, laderas o áreas con exposición previa.

Durante marzo, cuando persistían anomalías negativas en los tres regímenes, se reportaron incendios forestales en el Bajo Atrato y el Darién chocoano. En Unguía se registraron varios focos, incluyendo un evento en el DRMI Lago Azul Los Manatíes, con 5.000 hectáreas afectadas. También se reportaron incendios forestales en Riosucio, uno de ellos cerca del casco urbano y de una estación de gasolina, y otro con afectación en comunidades como Los Chipes y Santo Domingo. Esta parte del año muestra una ruta de impacto distinta a la inundación: déficit acumulado al inicio del año, coberturas más sensibles al fuego y territorios con humedales, bosque bajo y áreas de transición expuestas a pérdida de humedad superficial.

En abril, el balance regional continuó ligeramente por debajo de la climatología, con una anomalía cercana a -18,6 mm, pero el régimen Centro mostró una condición cercana a la normalidad. En ese contexto se presentaron inundaciones importantes en Lloró, Quibdó, Alto Baudó y Medio Atrato. En Alto Baudó, el desbordamiento del río Baudó y sus afluentes dejó 13.973 personas afectadas, 3 viviendas destruidas, 15 viviendas averiadas y 3.600 hectáreas afectadas. En Medio Atrato, los reportes asociados a los ríos Grande, Atrato, Bebará, Bebaramá y Buey dejaron 6.434 personas afectadas, 12 viviendas destruidas y 58 viviendas averiadas. También se registraron eventos en Lloró, asociados a los ríos Atrato y Andágueda, y en Chigorodó, asociado al río Chigorodó.

En mayo, la región presentó una anomalía positiva cercana a +19,1 mm, con excedente marcado en el régimen Sur. Las emergencias se distribuyeron entre el Norte, el Centro y el Sur. En Unguía, el desbordamiento del río Cutí afectó a 6.440 personas, con 20 viviendas destruidas, 43 viviendas averiadas y 815 hectáreas afectadas. En Medio San Juan se reportó una inundación asociada al río San Juan, con 175 personas afectadas y 35 viviendas averiadas. En El Charco, el río Tapaje afectó veredas como El Rosario, Bolita, Pulvusa y El Kuil, con 3.256 personas afectadas, 20 viviendas destruidas, 100 viviendas averiadas y 1.250 hectáreas afectadas. También se registró una avenida torrencial en Unguía asociada al río Cutí.

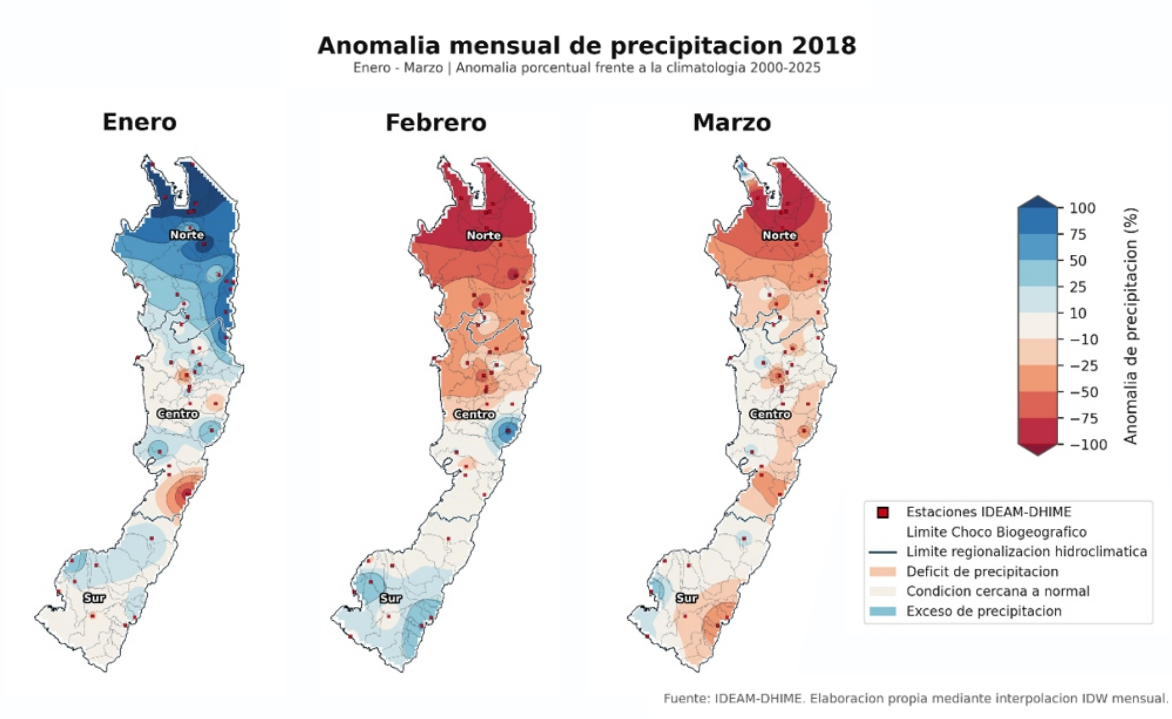
El cierre del evento 2014-2016 en 2016 tuvo dos momentos bien diferenciados: un inicio de año con déficit marcado y aparición de incendios forestales en el Norte, especialmente en Unguía y Riosucio, y una reactivación de afectaciones fluviales entre abril y mayo, cuando las anomalías se acercaron a la normalidad o pasaron a valores positivos en algunos regímenes.

Por ello, 2016 debe interpretarse como un año de transición: no tuvo el déficit extremo de 2015, pero sí evidenció que la recuperación parcial de la lluvia puede venir acompañada de crecientes, inundaciones y movimientos en masa en territorios previamente expuestos.

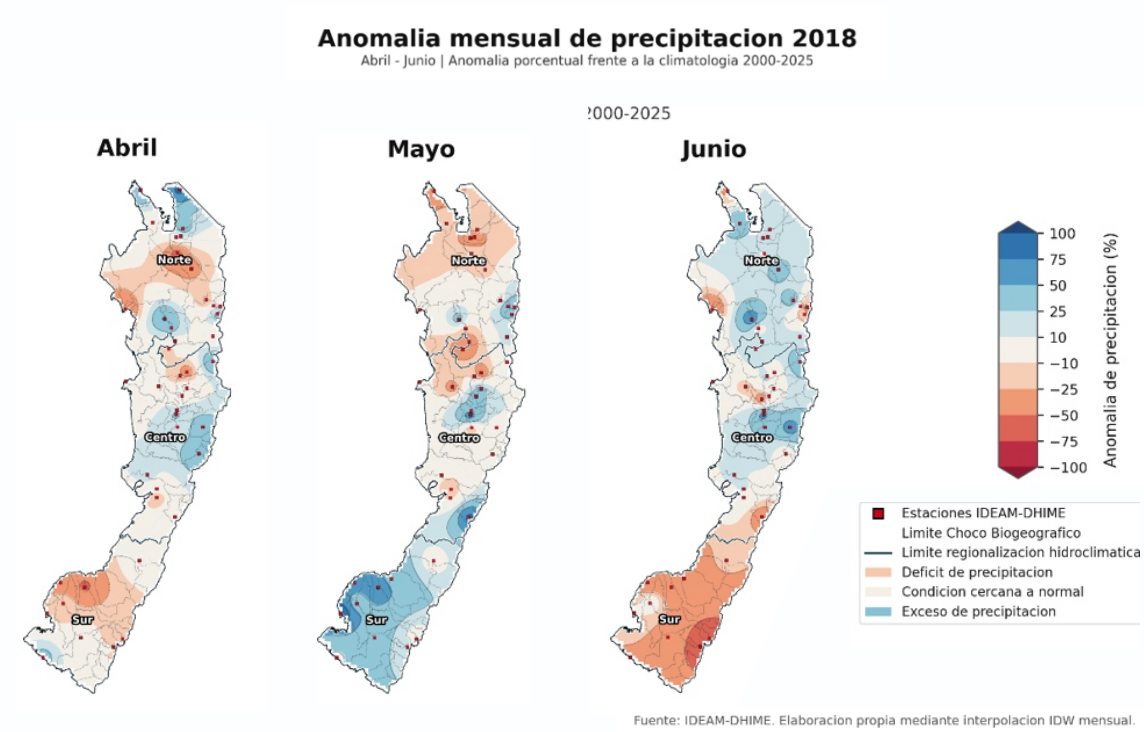
Estos incendios del Bajo Atrato no fueron un episodio aislado: el propio IIAP estableció posteriormente una parcela permanente de investigación en una de las zonas afectadas de Unguía, partiendo del reconocimiento de que los incendios se han convertido en uno de los principales agentes transformadores de los ecosistemas naturales del Bajo Atrato chocoano, donde se han destruido bosques húmedos y asociaciones vegetales típicas de la zona como arracachales, panganales y cativales, lo que además rompe las dinámicas socioculturales y productivas que las comunidades han construido alrededor de estos ambientes (IIAP, 2020). El incendio de 2016, entonces, no solo quemó cobertura vegetal: alteró ecosistemas de los que dependen directamente la pesca, la cacería de subsistencia y la recolección de productos del bosque para comunidades indígenas y afrodescendientes del Bajo Atrato.

## 1.4.4. 2018, señal moderada de El Niño

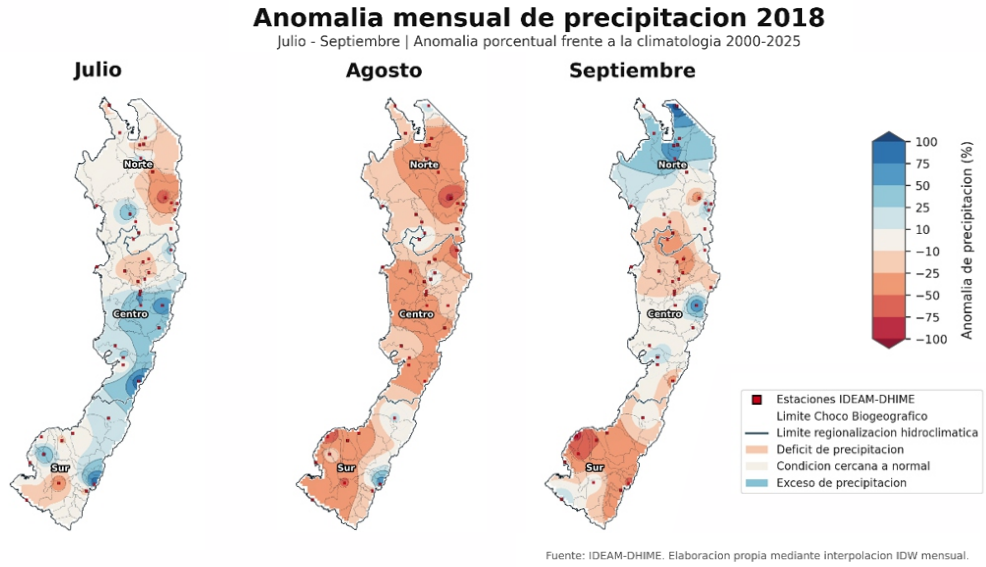
El año 2018 presentó una anomalía anual aproximada de -244,6 mm para el Chocó Biogeográfico frente a la climatología 2000–2025. La reducción no fue uniforme entre regímenes hidroclimáticos: el Centro registró el mayor déficit anual, con -377,0 mm; el Sur presentó una reducción de -142,1 mm; y el Norte tuvo una disminución menor, cercana a -66,8 mm. A diferencia de 2015 y 2016, la señal de 2018 fue menos intensa y más fragmentada en el tiempo, con meses deficitarios alternados con meses cercanos a la normalidad o con excedentes.



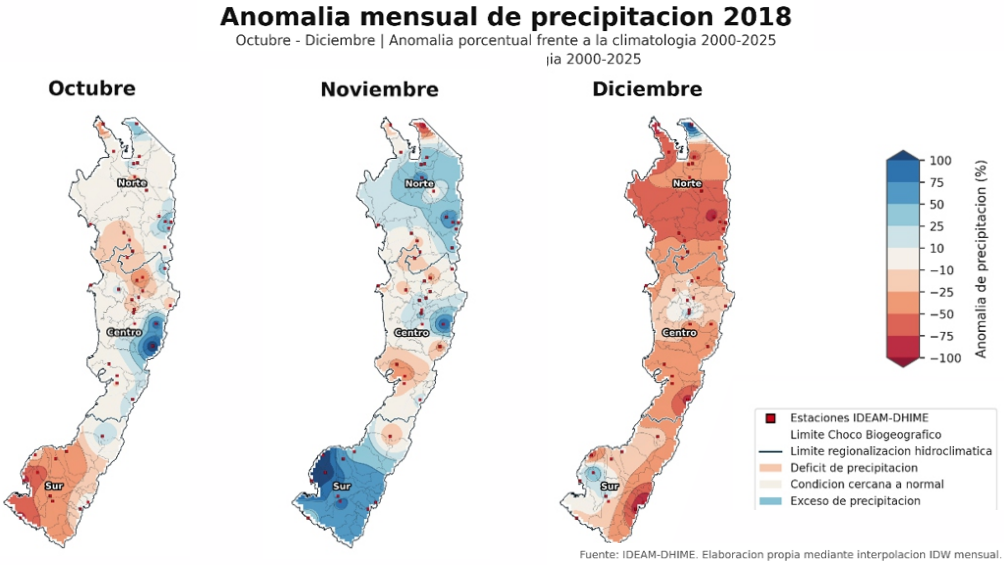

Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.

| Régimen hidroclimático | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Norte** | 117,3 | -53,8 | -55,1 | 24,0 | -15,7 | 55,7 | -9,3 | -54,8 | 35,9 | -7,6 | 28,5 | -132,0 | -66,8 |
| **Centro** | 46,8 | -74,4 | -25,4 | -1,8 | 26,9 | 32,1 | 1,7 | -118,8 | -59,8 | -44,5 | -27,4 | -132,3 | -377,0 |
| **Sur** | 12,8 | 18,3 | -19,1 | -49,1 | 122,9 | -107,3 | -17,4 | -60,3 | -53,8 | -72,1 | 173,5 | -90,5 | -142,1 |
| **Chocó Biogeográfico** | 58,1 | -48,3 | -39,6 | -8,3 | 35,3 | 1,1 | -10,2 | -83,6 | -25,2 | -42,5 | 43,4 | -124,9 | -244,6 |

Durante 2018, los déficits mensuales más notorios se observaron en febrero, marzo, agosto, octubre y diciembre. En diciembre, por ejemplo, el Chocó Biogeográfico registró una anomalía de -124,9 mm, con reducciones simultáneas en el Norte (-132,0 mm), Centro (-132,3 mm) y Sur (-90,5 mm). También se destacó agosto, con una anomalía regional de -83,6 mm, especialmente marcada en el Centro (-118,8 mm) y el Sur (-60,3 mm). Sin embargo, otros meses mostraron una respuesta distinta: enero tuvo una anomalía regional positiva de +58,1 mm y noviembre de +43,4 mm, con un excedente importante en el Sur (+173,5 mm).

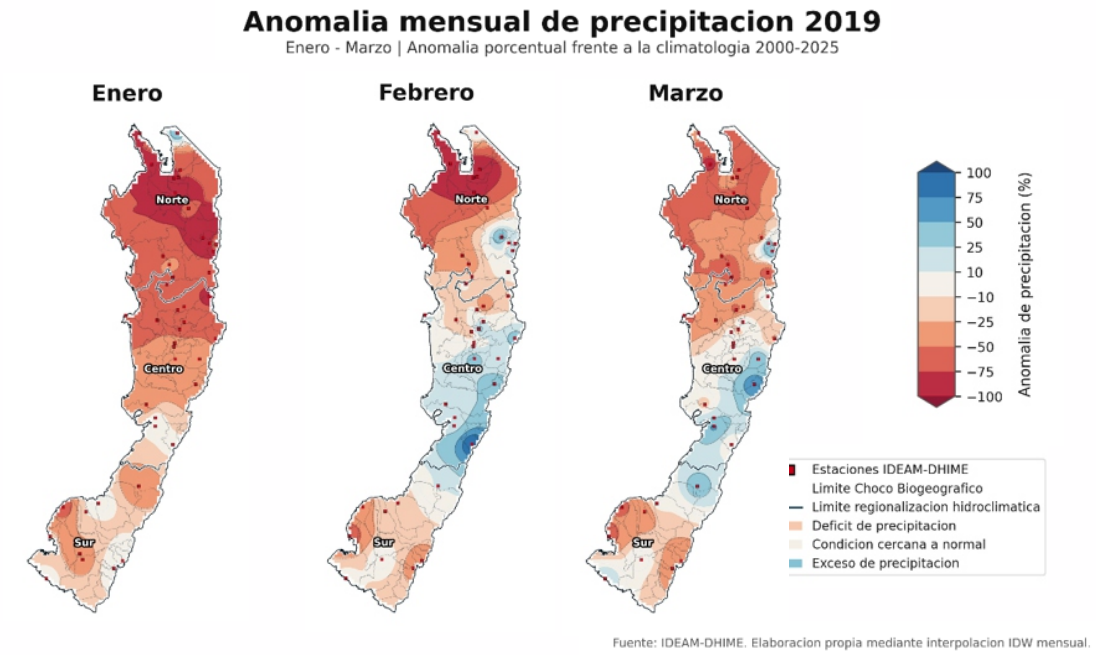
En términos de eventos territoriales, la base consolidada de noticias y reportes revisada no registra emergencias para 2018 dentro del Chocó Biogeográfico. Este resultado no significa que no hayan ocurrido afectaciones locales, sino que no quedaron incorporadas en el consolidado utilizado para este análisis. Por esta razón, 2018 se presenta principalmente como un año de señal hidroclimática moderada, útil para observar variaciones de precipitación frente a la climatología, pero sin evidencia documental suficiente en la base actual para asociar municipios, ríos, personas afectadas o daños específicos.

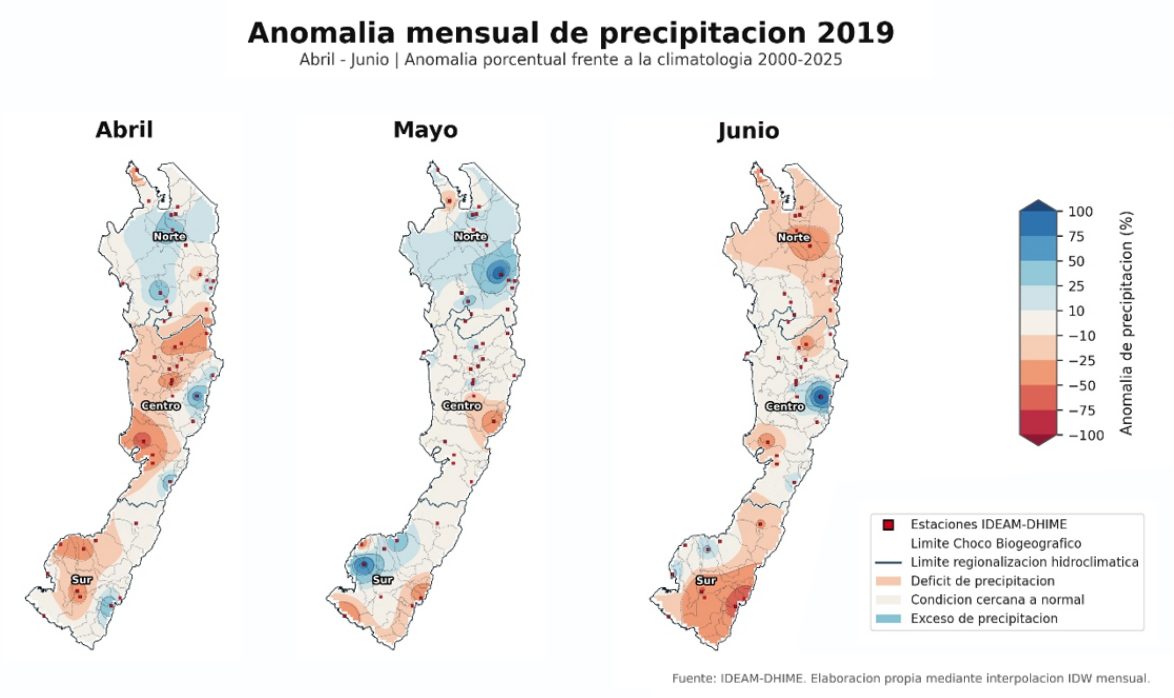
Esta ausencia de registros documentados para 2018 no debe leerse como un "año sin historia", sino como un vacío de información que merece atención propia. La experiencia de eventos cálidos posteriores en el Pacífico y la persistencia de zonas con baja cobertura de reportes en el Bajo Atrato, el Litoral del San Juan y el Pacífico nariñense, sugiere que es probable que 2018 haya producido afectaciones locales no capturadas por el sistema DesInventar/UNGRD, ya sea por subregistro comunitario, dificultades de acceso o ausencia de reporte oportuno.

Se recomienda que futuras actualizaciones de este análisis incorporen fuentes complementarias (reportes de consejos comunitarios, alcaldías municipales, organizaciones étnico-territoriales y prensa regional) para cerrar esta brecha de información en el Chocó Biogeográfico.

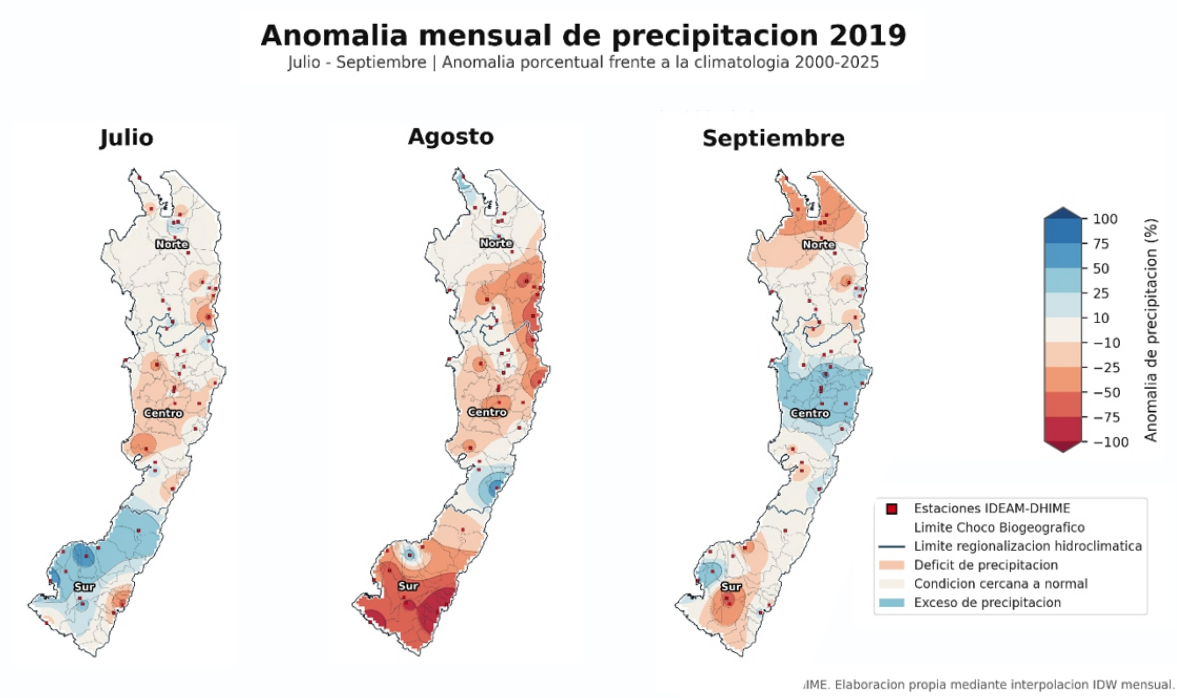
## 1.4.5. 2019, señal moderada con impactos territoriales visibles

El año 2019 corresponde a un episodio cálido de menor intensidad que el evento 2014–2016, pero con una señal territorial relevante para el Chocó Biogeográfico. Frente a la climatología 2000–2025, la anomalía anual regional fue cercana a -289,9 mm. El déficit se presentó en los tres regímenes hidroclimáticos: Norte, con aproximadamente -299,0 mm; Centro, con -332,3 mm; y Sur, con -103,4 mm. Esta distribución muestra una reducción pluviométrica general, aunque menos extrema que la registrada en 2015.

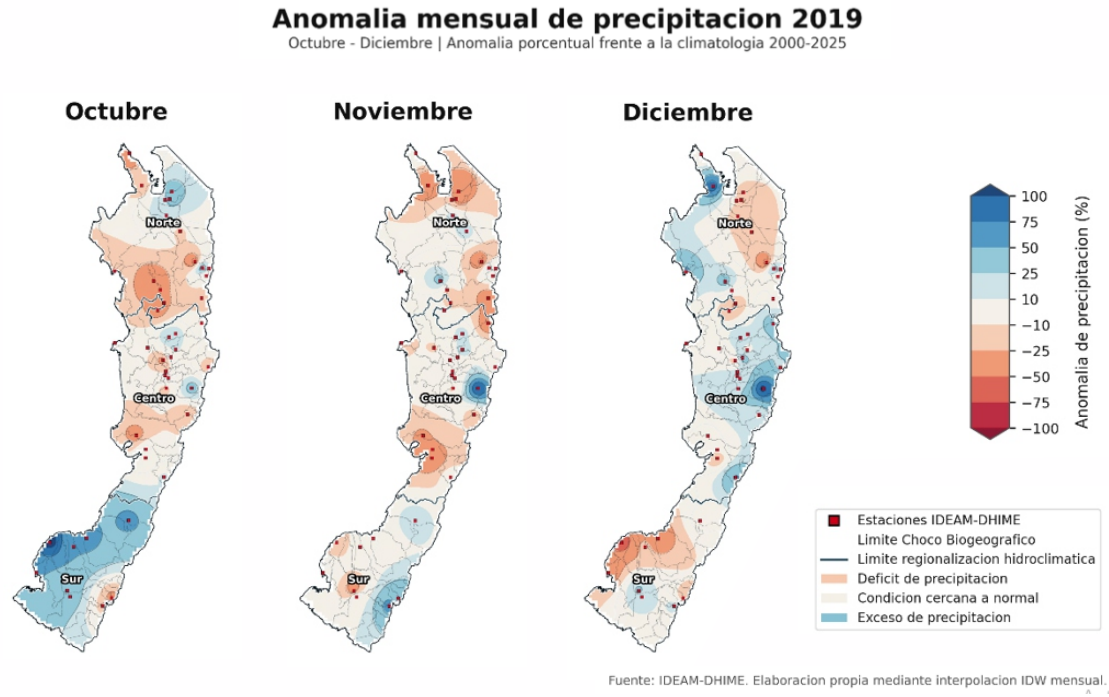





Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




IME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.

| Zona | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Norte** | -102,3 | -41,5 | -66,6 | 8,9 | 31,5 | -47,8 | -6,3 | -21,2 | -29,1 | -27,2 | -15,6 | 18,2 | -299,0 |
| **Centro** | -156,8 | 4,8 | -24,6 | -85,4 | 31,3 | -21,3 | -71,7 | -88,0 | 62,4 | -17,6 | -19,7 | 54,4 | -332,3 |
| **Sur** | -97,0 | -54,1 | -17,8 | -20,9 | -21,8 | -52,0 | 81,7 | -81,3 | 4,3 | 118,6 | 48,1 | -11,1 | -103,4 |
| **Chocó Biogeográfico** | -125,5 | -32,6 | -42,9 | -36,8 | 14,3 | -41,4 | -9,8 | -68,9 | 11,1 | 15,4 | 1,0 | 26,2 | -289,9 |

El consolidado DesInventar/UNGRD registra 137 eventos para 2019 en el Chocó Biogeográfico. En términos de afectación total, se reportaron 108.766 personas afectadas, 26.026 familias afectadas, 281 viviendas destruidas, 5.777 viviendas averiadas y 7.541 hectáreas afectadas. Para la lectura hidroclimática del año sobresalen principalmente 66 inundaciones, 13 incendios de cobertura vegetal, 11 vendavales, 8 movimientos en masa, 3 avenidas torrenciales, 1 erosión y 1 creciente súbita.

Las inundaciones concentraron la mayor afectación, con 96.954 personas afectadas, 22.036 familias afectadas, 134 viviendas destruidas, 4.157 viviendas averiadas y 4.820 hectáreas afectadas.

Los primeros meses del año muestran una combinación entre déficit pluviométrico y eventos de distinto origen hidroclimático. En enero, con anomalía regional cercana a -125,5 mm, se reportaron inundaciones en Buenaventura y Santa Bárbara, vendaval en Barbacoas, erosión en Riosucio e incendios de cobertura vegetal en Apartadó y El Charco. En febrero, aunque el régimen Centro estuvo cercano a su climatología, se registraron inundaciones importantes en el eje San Juan-Condoto-Istmina-Tadó-Cértegui, con afectaciones destacadas en Istmina, Condoto y Tadó. Este comportamiento muestra que el déficit regional no se tradujo en un único tipo de evento, sino en una combinación de inundaciones, viento, erosión e incendios de cobertura.

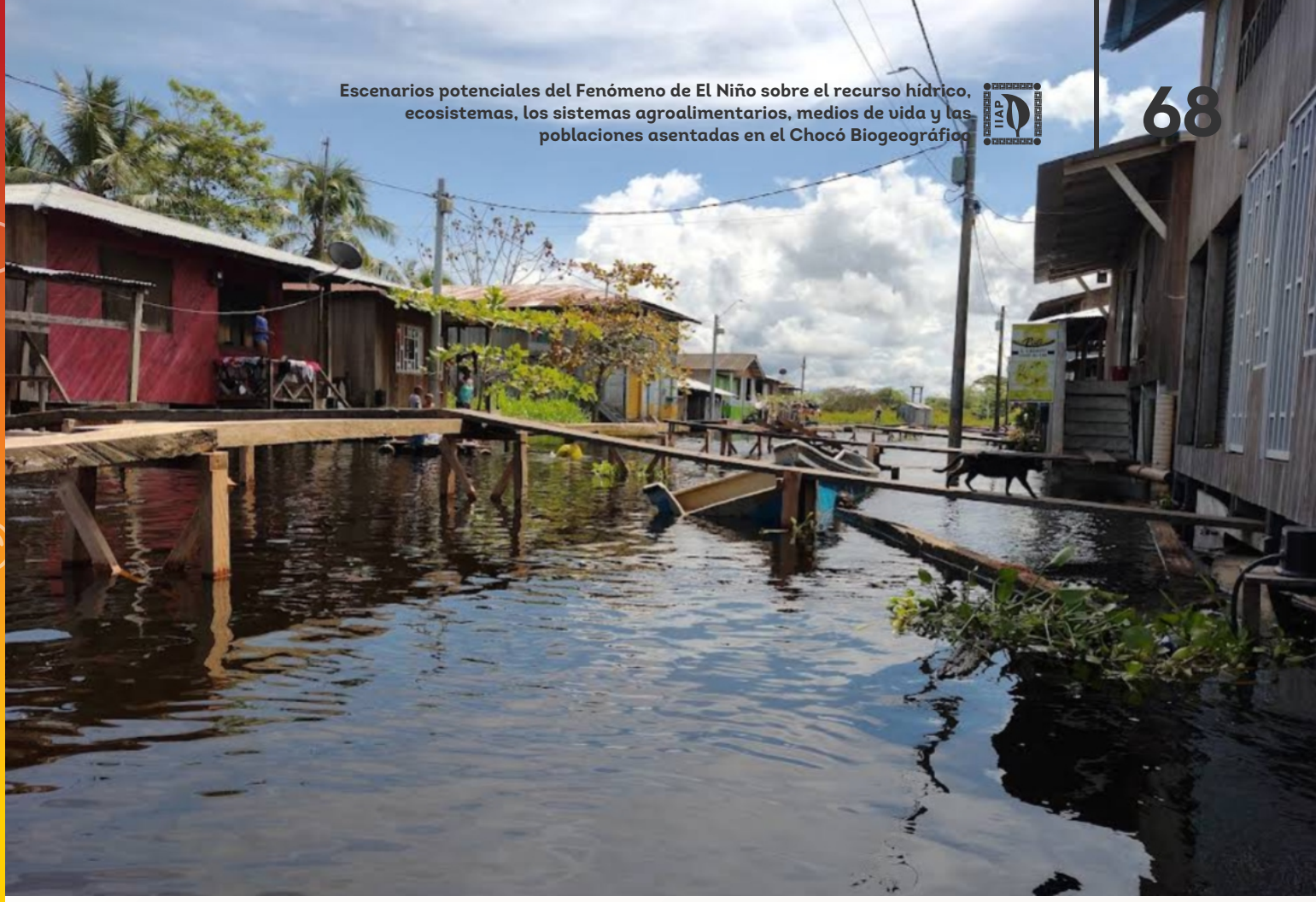
Entre marzo y abril se mantuvo una señal regional negativa y se intensificaron las afectaciones. En marzo, la anomalía regional fue cercana a -42,9 mm y se reportaron incendios de cobertura vegetal en Carepa, Turbo, Unguía y Necoclí, además de inundaciones en El Litoral del San Juan y Tadó. En abril, con anomalía regional cercana a -36,8 mm, las afectaciones se concentraron en el Pacífico sur, especialmente en Magüí Payán, Barbacoas, Roberto Payán y Olaya Herrera, donde las inundaciones impactaron viviendas, familias y hectáreas. Este periodo combina dos rutas de riesgo: coberturas vegetales sensibles al déficit en el Norte y afectaciones fluviales en territorios del Sur con alta exposición ribereña.

En mayo, la anomalía regional pasó a un valor positivo cercano a +14,3 mm, pero el patrón de eventos continuó activo.

Se reportaron inundaciones en Timbiquí, Lloró, Sipí y Chigorodó, además de eventos de viento en el litoral. En Timbiquí, la inundación dejó 8.510 personas afectadas y 1.120 hectáreas afectadas; en Lloró, 2.475 personas afectadas; y en Sipí, 1.387 personas afectadas. Este mes evidencia una transición desde la señal deficitaria inicial hacia una respuesta fluvial más activa en corredores del Centro y del Pacífico sur.

Junio fue uno de los meses de mayor afectación documentada. Con una anomalía regional cercana a -41,4 mm, se reportaron emergencias en Bojayá, Lloró, Atrato, Quibdó, Bagadó, Istmina, Medio Atrato, Bajo Baudó y Medio San Juan. Bojayá registró 7.115 personas afectadas y 1.423 viviendas averiadas; Lloró, 3.725 personas afectadas; Medio Atrato presentó una avenida torrencial con 2.289 personas afectadas y 713 viviendas averiadas; y Quibdó reportó 1.431 personas afectadas. En este tramo, las afectaciones se concentraron en corredores fluviales del Atrato, San Juan y Baudó, donde la exposición de viviendas, cultivos, movilidad local y servicios comunitarios depende directamente de ríos principales, afluentes y quebradas.

La cifra de 7.115 personas afectadas en Bojayá en junio de 2019 no es un dato aislado: Bojayá es el mismo municipio que en enero de 2015 ya había registrado una inundación con 5.160 personas afectadas (ver año 2015). Esto significa que, en un periodo de apenas cuatro años, la cabecera y los caseríos ribereños de Bojayá enfrentaron al menos dos emergencias mayores asociadas al río que lleva su nombre. Para una comunidad que reconstruye su memoria colectiva tras hechos históricos profundamente dolorosos, la recurrencia de inundaciones añade una capa adicional de vulnerabilidad: cada creciente obliga a reconstruir lo que apenas se había recuperado.



Hacia el cierre del año, las emergencias se reactivaron entre noviembre y diciembre. En noviembre, con una anomalía regional cercana a la normalidad, se registraron inundaciones en Chigorodó, Vigía del Fuerte, López de Micay y Barbacoas. En diciembre, con una anomalía regional positiva cercana a +26,2 mm, se presentaron eventos de alta afectación en Riosucio, Bojayá, Medio Atrato y Barbacoas. Riosucio reportó 9.300 personas afectadas; Bojayá, 5.492; Medio Atrato, 3.600; y Barbacoas registró una creciente súbita con 5.900 personas afectadas, 60 viviendas destruidas, 246 viviendas averiadas y 800 hectáreas afectadas.

Un episodio cálido de menor intensidad, como el de 2019, puede coincidir con impactos territoriales significativos cuando la reducción pluviométrica interactúa con alta exposición ribereña, viviendas localizadas en zonas bajas, ríos de respuesta rápida y coberturas sensibles al fuego.

A diferencia de 2018, donde no se registraron eventos en la base consolidada revisada, 2019 combina déficit anual en los tres regímenes, alta frecuencia de inundaciones, incendios de cobertura en el Norte y afectaciones fluviales severas en el Centro y el Pacífico sur. Este año funciona, entonces, como referencia para entender que la intensidad oceánica del evento no siempre se corresponde linealmente con la magnitud de los impactos reportados

## 1.4.6. 2023, inicio del evento 2023–2024: reactivación de condiciones cálidas del Pacífico

El año 2023 marca el inicio del evento El Niño reciente dentro del periodo analizado. Frente a la climatología 2000–2025, el Chocó Biogeográfico presentó una anomalía anual regional cercana a -395,0 mm. La reducción fue más marcada en el régimen Norte, con -700,5 mm, seguida por el Centro, con -352,2 mm. El Sur, en cambio, registró una anomalía anual mucho menor, cercana a -28,3 mm, resultado de meses deficitarios combinados con excedentes puntuales, especialmente hacia el cierre del año.

Esta distribución muestra una señal territorial distinta a la de 2015. En 2023, el déficit se concentró con mayor fuerza en el Norte, donde la reducción anual puede presionar fuentes menores, humedales de transición, coberturas vegetales y comunidades dependientes de captaciones locales. En el Centro, la anomalía negativa afectó un régimen de alta lluvia, por lo que su lectura debe asociarse a cambios en la frecuencia de recarga de quebradas, ríos secundarios y sistemas ribereños. En el Sur, el balance anual cercano a la normalidad oculta una dinámica mensual más variable, con meses de déficit y otros de excedente capaces de activar respuestas fluviales localizadas.

En junio también se registraron eventos importantes en el régimen Centro y Norte. En Riosucio, la inundación en la cuenca de los ríos Salaquí y Truandó afectó a 1.500 personas, 961 familias y 961 viviendas. En Quibdó, los reportes mencionan desbordamientos en la cuenca de los ríos Munguidó, Neguá, Ichó, Guayabal y Atrato, con afectación en barrios urbanos y cultivos de pancoger. En Sipí, el desbordamiento de los ríos San Agustín y Garrapatas afectó a 280 familias. En Carmen del Darién, comunidades indígenas de Caño Manso y Quebrada Montería registraron 477 personas afectadas, 159 familias y 159 viviendas.

Entre agosto y octubre se mantuvieron eventos localizados en distintos regímenes. En Bajo Baudó, el desbordamiento del río Orpúa afectó a 470 personas, 95 familias y 95 viviendas, además de cultivos de pancoger. En Istmina, una inundación por desbordamiento del río Chigorodó afectó a 1.291 personas, 338 familias, 3 viviendas destruidas y 300 viviendas averiadas. En Medio Baudó, el desbordamiento de los ríos Berrecuy, Curundó, Sierpe y Baudocito afectó a 544 personas y 95 familias. En Timbiquí, la creciente súbita de los ríos Saija y Bubuey afectó a 60 personas, 15 familias y 15 viviendas. En Turbo, una creciente súbita de la quebrada La Yoya dejó una persona fallecida, lo que muestra que algunos eventos de baja cobertura poblacional pueden tener alta gravedad humana.

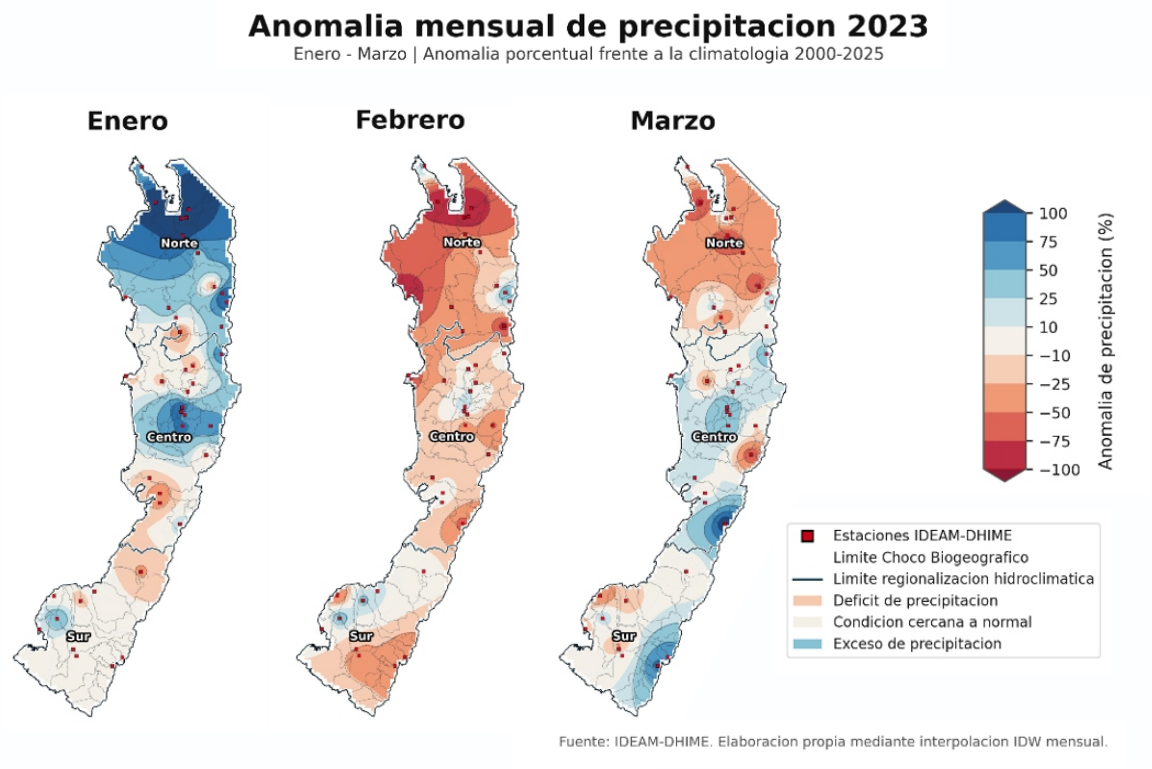
Noviembre concentró emergencias relevantes sobre el sistema Atrato y sus afluentes. En Medio Atrato, el desbordamiento de los ríos Bebará y Bebaramá afectó a 3.872 personas, 968 familias, 11 viviendas y 9 instalaciones educativas en 15 comunidades. En Vigía del Fuerte, la creciente de los ríos Murrí y Arquía dejó 480 personas afectadas, 120 familias, 20 viviendas destruidas y cerca de 100 viviendas inundadas. En López de Micay se registró una inundación con 1.222 personas afectadas, 328 familias, 2 viviendas destruidas y 2 viviendas averiadas.

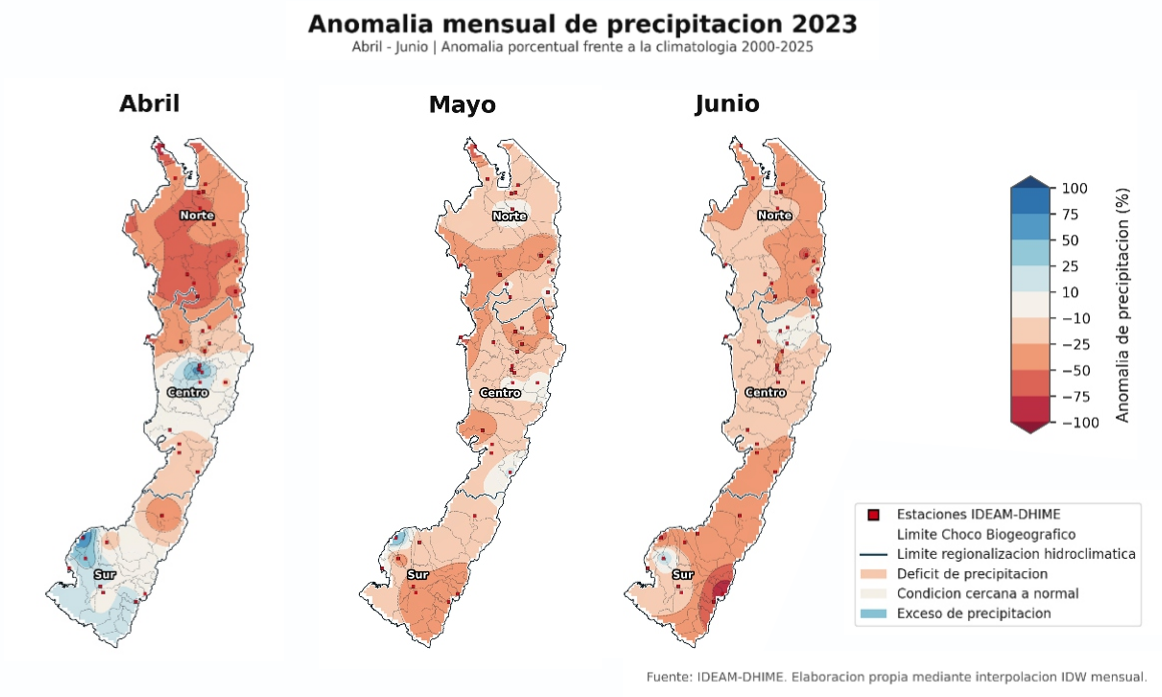
Estos reportes muestran que el cierre del año empezó a concentrar eventos con alta afectación comunitaria, especialmente en territorios ribereños.

Diciembre fue el mes de mayor afectación del periodo. En Barbacoas se reportó inundación por desbordamiento de los ríos Telembí, Ñambí, Guelmambí e Ingusmbí, con 8.000 personas afectadas y 2.000 familias. En Guapi, una creciente súbita del río Alto Guapi afectó a 2.446 personas y 648 familias, con pérdidas de cultivos de pancoger y declaratoria de calamidad pública. En Lloró, el desbordamiento de los ríos Atrato y Andágueda afectó a 1.958 personas y 1.179 familias. En Medio Atrato, nuevas inundaciones afectaron a 1.584 personas, 396 familias y 396 viviendas. En Magüí Payán, el desbordamiento del río Magüí afectó a 850 personas y 786 viviendas, mientras que en Roberto Payán el desbordamiento de los ríos Patía, Telembí y Pumbí afectó a 200 personas y 40 viviendas.

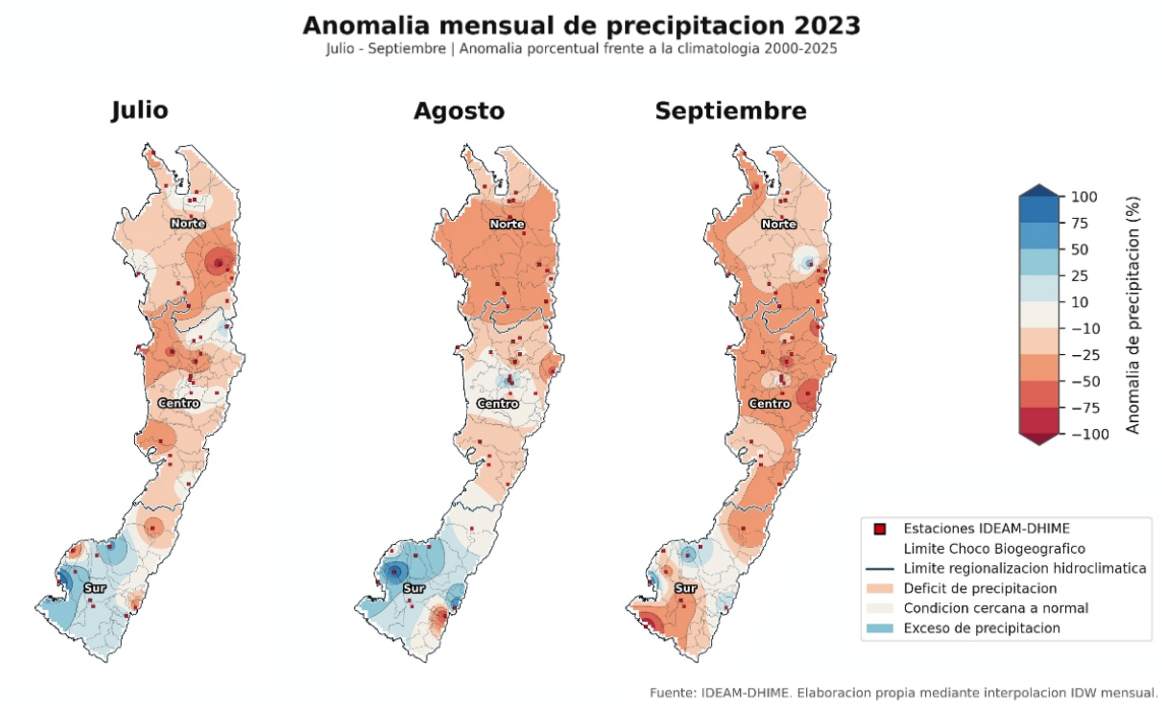
La declaratoria de calamidad pública en Guapi tras la creciente del río Alto Guapi en diciembre de 2023 se suma a la ya registrada en 2015, cuando el desbordamiento del río Napi dejó 8.310 personas afectadas (ver año 2015). Esta recurrencia no es casual: el río Guapi es el medio de comunicación de las poblaciones cercanas, sin necesidad de salir al mar, en un municipio de cerca de 30.000 habitantes donde el 97% de la población es afrocolombiana (Razón Pública). Cuando este río se desborda, no se interrumpe solo una vía: se interrumpe la principal forma de movilidad, comercio y comunicación de los territorios colectivos de los consejos comunitarios del Alto Guapi y el Napi. En menos de una década, Guapi ha enfrentado al menos dos eventos de gran magnitud asociados a sus ríos, confirmando el patrón identificado en la línea base climática (numeral 1.1): en el régimen Sur, los mismos corredores fluviales que sufren pausas secas son

los que generan las crecientes más severas cuando la lluvia se concentra.La señal anual fue negativa, especialmente en el Norte, pero los reportes muestran una combinación de déficit pluviométrico, vendavales, incendios, movimientos en masa, crecientes súbitas e inundaciones. La particularidad de 2023 es que las mayores afectaciones fluviales aparecen hacia el segundo semestre y se intensifican en diciembre, con eventos relevantes en López de Micay, Riosucio, Medio Atrato, Vigía del Fuerte, Barbacoas, Guapi, Lloró, Magüí Payán y Roberto Payán. El 2023 sirve como año de transición: inicia la señal cálida del ENOS, pero sus impactos territoriales se manifiestan como una combinación de anomalías negativas y emergencias localizadas en ríos y quebradas de alta exposición comunitaria.

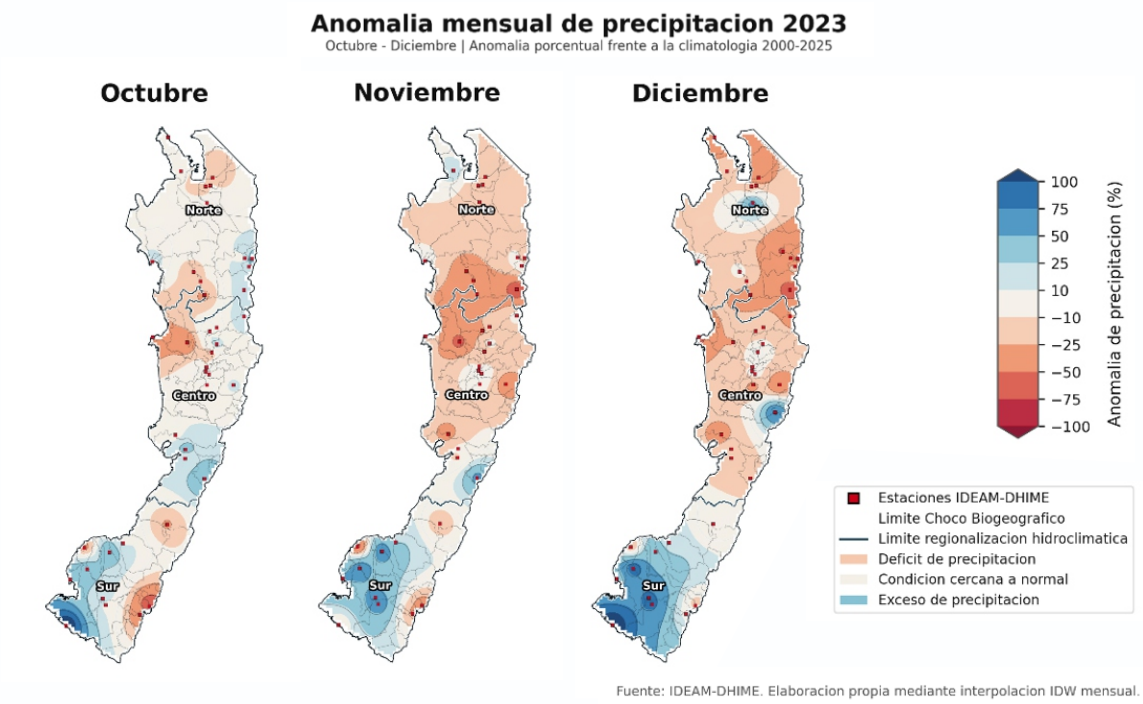





Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.

| Zona | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Norte** | 78,8 | -52,0 | -28,4 | -148,7 | -90,9 | -88,0 | -54,0 | -110,6 | -92,7 | -3,1 | -38,3 | -72,4 | -700,5 |
| **Centro** | 78,0 | -24,5 | 106,1 | 17,3 | -75,5 | -40,6 | -83,5 | -44,9 | -116,8 | -2,9 | -82,1 | -82,9 | -352,2 |
| **Sur** | -1,6 | -20,5 | 10,0 | -2,5 | -65,2 | -84,5 | 45,3 | 41,6 | -35,1 | -13,2 | -6,0 | 103,4 | -28,3 |
| **Chocó Biogeográfico** | 57,7 | -29,5 | 32,9 | -49,2 | -78,6 | -70,7 | -41,1 | -42,1 | -89,6 | -10,5 | -49,0 | -25,5 | -395,0 |

El consolidado DesInventar/UNGRD registra 108 eventos para 2023 en el Chocó Biogeográfico, durante meses asociados al inicio y desarrollo del evento cálido. En términos de afectación total, se reportaron 57.281 personas afectadas, 18.600 familias afectadas, 97 viviendas destruidas y 6.796 viviendas averiadas. Para la lectura hidroclimática del año sobresalen principalmente 31 inundaciones, 24 vendavales, 6 crecientes súbitas, 6 movimientos en masa, 6 incendios forestales, 3 eventos de erosión, 2 tormentas eléctricas y 2 eventos de erosión costera.

Las inundaciones y vendavales concentraron la mayor parte de la afectación poblacional y habitacional registrada.

Entre mayo y julio, el inicio del evento cálido coincidió con anomalías regionales negativas en los tres meses. En mayo, con déficit regional cercano a -78,6 mm, se reportaron crecientes súbitas en López de Micay, inundaciones en Buenaventura y Apartadó, y un vendaval en Bajo Baudó. En junio, con anomalía regional cercana a -70,7 mm, se registraron inundaciones en Murindó y Riosucio, además de eventos en Quibdó y un incendio forestal en Unguía. En julio, aunque la reducción regional fue menor, los vendavales en Bojayá y Quibdó mostraron una línea de afectación asociada a eventos súbitos de viento y lluvia sobre viviendas vulnerables.

Entre agosto y septiembre, las afectaciones mantuvieron una composición mixta. En agosto se reportaron vendavales en Bojayá y otros municipios, tormenta eléctrica en Alto Baudó e inundaciones en sectores del Centro y el Norte. En septiembre, con una de las anomalías regionales más negativas del año, cercana a -89,6 mm, se registraron inundaciones en Istmina. Este periodo muestra que el déficit no se expresó solamente como disminución de lluvia, sino como aumento de sensibilidad en coberturas, laderas, quebradas urbanas y viviendas expuestas a eventos intensos de corta duración.

Hacia noviembre y diciembre, el patrón de eventos se concentró nuevamente en corredores fluviales. En noviembre, con anomalía regional cercana a -49,0 mm, se reportaron inundaciones en Medio Atrato y López de Micay, además de eventos de erosión e incendios forestales. En diciembre, aunque el balance regional siguió siendo negativo, el régimen Sur presentó un excedente mensual importante, cercano a +103,4 mm.

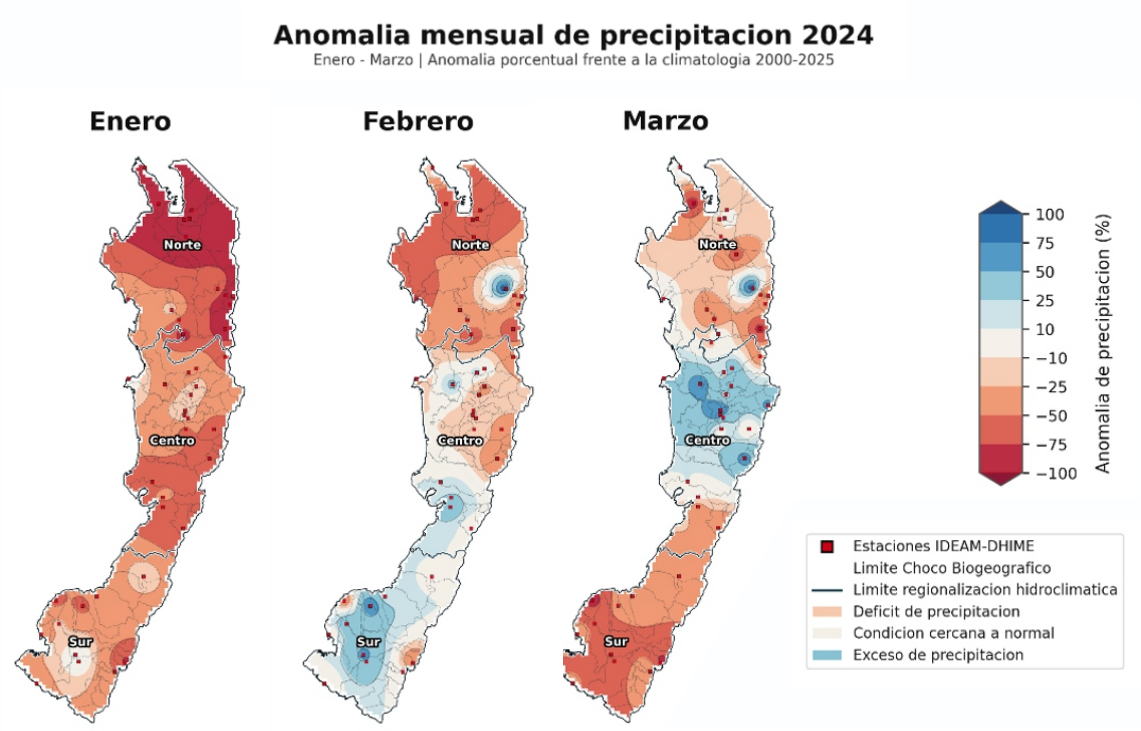
En ese contexto se registraron eventos de alta afectación en López de Micay, Barbacoas, Guapi, Magüí Payán y Timbiquí, mientras que en el Centro se reportaron inundaciones en Lloró y Medio Atrato, y vendaval en Condoto.

2023 marca el inicio del evento reciente con tres rasgos principales: déficit anual fuerte en el Norte, reducción importante en el Centro y alta variabilidad mensual en el Sur. A diferencia de 2015, el año no muestra el máximo déficit regional del periodo, pero sí una distribución de eventos amplia, dominada por inundaciones, vendavales, crecientes súbitas, movimientos en masa e incendios forestales. Su valor para la vigilancia del evento 2026-2027 está en mostrar que el inicio de una fase cálida puede activar simultáneamente presión sobre territorios deficitarios, afectaciones por viento y lluvia concentrada, y respuestas fluviales localizadas en zonas donde el balance anual no parece crítico.

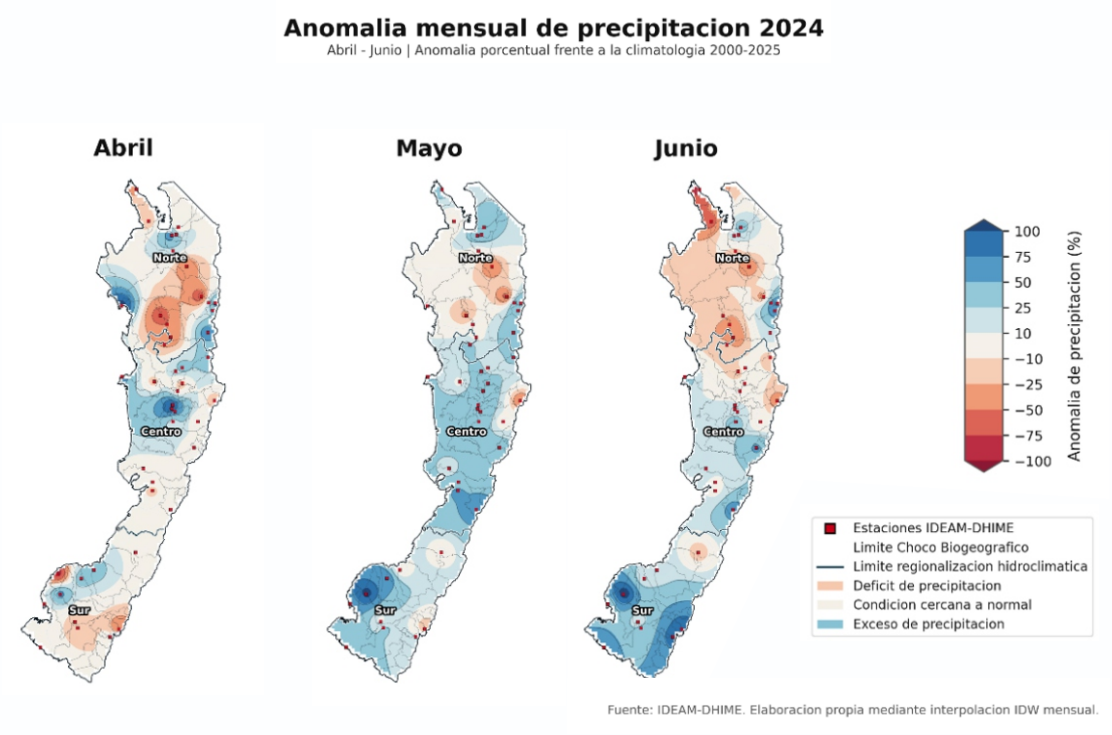
## 1.4.7. 2024, continuidad del evento 2023–2024: respuestas territoriales diferenciadas

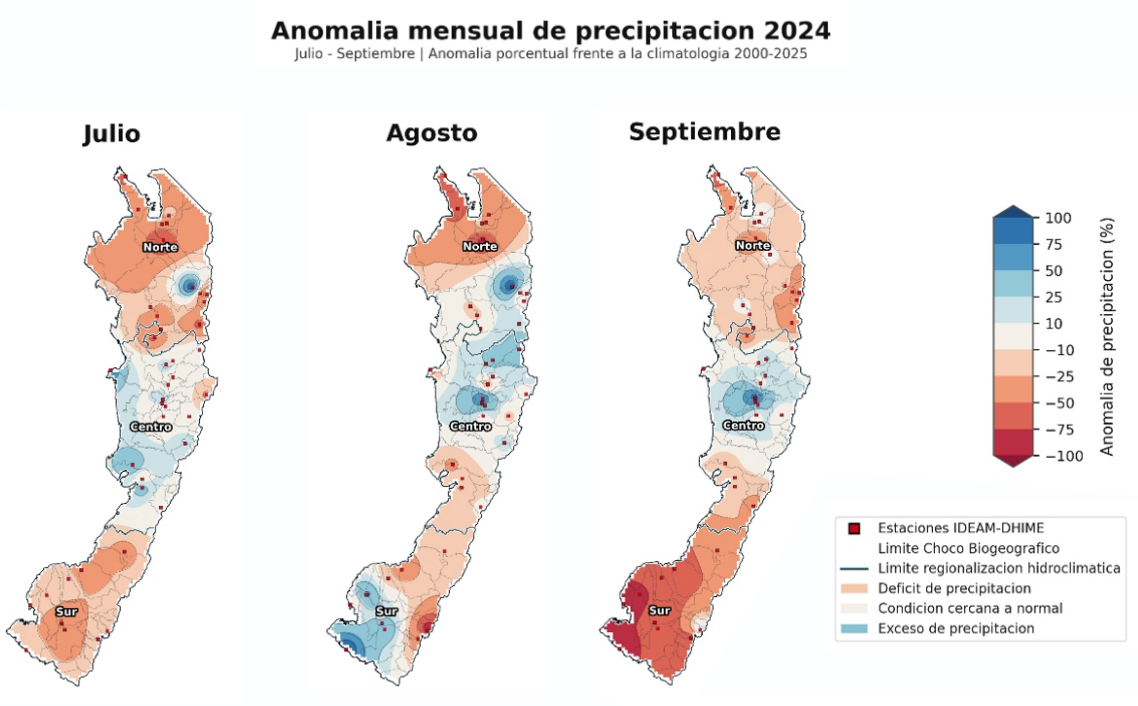
El año 2024 corresponde a la continuidad y transición del evento El Niño reciente. Frente a la climatología 2000–2025, el Chocó Biogeográfico presentó una anomalía anual regional cercana a -159,9 mm, menor en magnitud que la observada en 2023. Sin embargo, el promedio regional oculta un contraste territorial marcado: el régimen Norte registró un déficit anual aproximado de -694,4 mm y el Sur de -397,9 mm, mientras que el Centro presentó un excedente cercano a +674,9 mm. Esta distribución convierte a 2024 en un año de lectura espacialmente contrastada, más que en un año de déficit uniforme.

La señal territorial de 2024 muestra dos comportamientos simultáneos. En el Norte, el déficit anual reforzó la sensibilidad de fuentes menores, coberturas vegetales, sistemas de abastecimiento y territorios con antecedentes de incendios o sequía. En el Sur, la reducción anual mantuvo presión sobre ríos cortos, esteros, áreas fluviolitorales y comunidades dependientes de transporte fluvial. En el Centro, el excedente anual expresa una condición distinta: allí la atención se desplaza hacia crecientes, desbordamientos, drenajes urbanos, ríos secundarios y afectaciones en corredores como Atrato–San Juan–Baudó.




Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.


Anomalia mensual de precipitacion 2024
Abril - Junio | Anomalia porcentual frente a la climatologia 2000-2025
Abril
Mayo
Junio
Norte
Centro
Sur
100
75
50
25
10
−10
−25
−50
−75
−100
Anomalia de precipitacion (%)
Estaciones IDEAM-DHIME
Limite Choco Biogeografico
Limite regionalizacion hidroclimatica
Deficit de precipitacion
Condicion cercana a normal
Exceso de precipitacion
Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.


Anomalia mensual de precipitacion 2024
Julio - Septiembre | Anomalia porcentual frente a la climatologia 2000-2025
Julio
Agosto
Septiembre
Norte
Centro
Sur
100
75
50
25
10
−10
−25
−50
−75
−100
Anomalia de precipitacion (%)
Estaciones IDEAM-DHIME
Limite Choco Biogeografico
Limite regionalizacion hidroclimatica
Deficit de precipitacion
Condicion cercana a normal
Exceso de precipitacion
Fuente: IDEAM-DHIME. Elaboracion propia mediante interpolacion IDW mensual.

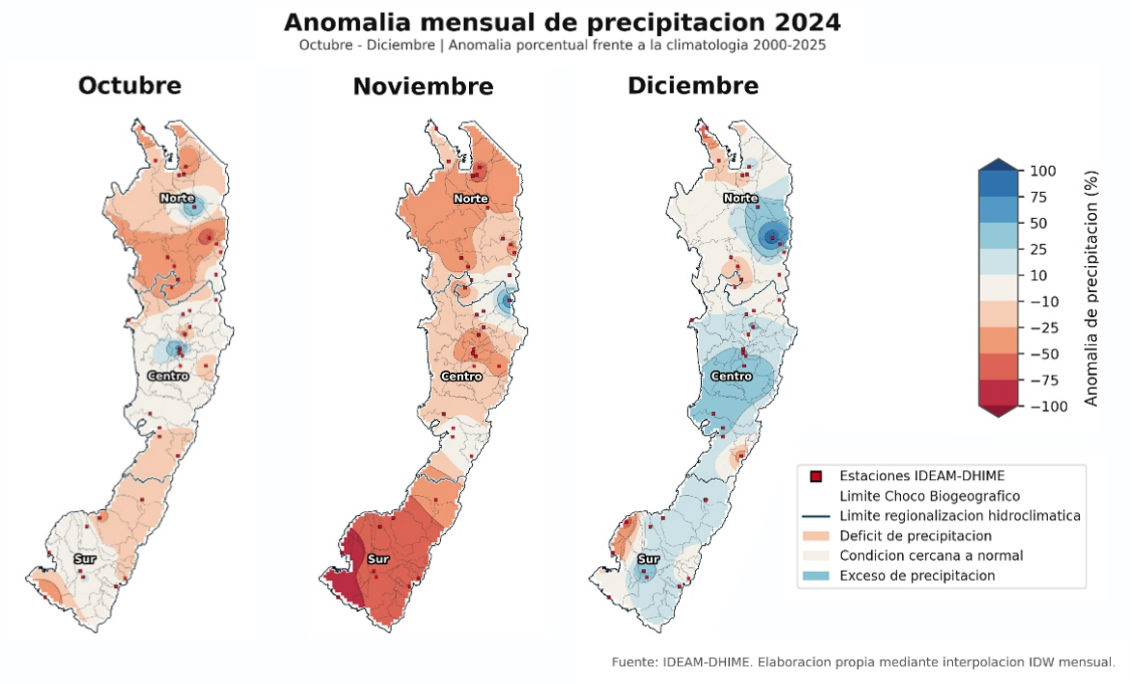



**Figura 8.** Anomalía mensual de precipitación durante 2024 frente a la climatología 2000–2025 en el Chocó Biogeográfico. Fuente: elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME y climatología 2000–2025.

| Zona | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Total anual |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Norte** | -110,2 | -59,3 | -47,8 | 4,8 | 59,5 | -36,2 | -119,6 | -106,8 | -82,8 | -78,9 | -85,5 | -31,5 | -694,4 |
| **Centro** | -108,2 | -12,9 | 109,3 | 149,0 | 121,5 | 40,3 | 79,0 | 66,8 | 105,9 | 35,9 | -73,1 | 161,5 | 674,9 |
| **Sur** | -106,3 | 33,5 | -140,0 | -7,0 | 105,5 | 83,8 | -71,0 | -4,7 | -130,8 | -33,8 | -184,8 | 57,9 | -397,9 |
| **Chocó Biogeográfico** | -105,4 | -12,7 | -15,8 | 54,6 | 94,8 | 23,5 | -39,1 | -19,7 | -40,4 | -32,5 | -120,8 | 53,6 | -159,9 |

**Tabla 4.** Anomalía mensual de precipitación por zona durante 2024 frente a la climatología 2000-2025. Fuente: elaboración propia con base en registros de estaciones IDEAM DHIME.

El consolidado DesInventar/UNGRD registra 172 eventos para 2024 en el Chocó Biogeográfico durante los meses revisados. En términos de afectación total, se reportaron 217.859 personas afectadas, 57.278 familias afectadas, 202 viviendas destruidas y

28.618 viviendas averiadas. Para la lectura hidroclimática sobresalen principalmente 54 incendios forestales, 53 inundaciones, 13 vendavales, 9 crecientes súbitas, 6 eventos de desabastecimiento de agua, 6 movimientos en masa, 3 eventos de sequía y 3 eventos de erosión costera. A diferencia de otros años, el tipo de evento más frecuente fue el incendio forestal, aunque las inundaciones y crecientes concentraron buena parte de la afectación poblacional y habitacional.

Enero muestra el momento más claro de déficit generalizado. La anomalía regional fue cercana a -105,4 mm, con reducciones similares en Norte, Centro y Sur. En ese contexto se reportaron eventos de desabastecimiento de agua y sequía en Arboletes, San Juan de Urabá y Turbo, además de incendios forestales en municipios del Norte. Al mismo tiempo, se registraron crecientes e inundaciones en Quibdó, El Litoral del San Juan, Medio Baudó y Timbiquí. Este mes evidencia una doble presión territorial: déficit hídrico sobre abastecimiento y coberturas, junto con eventos súbitos sobre ríos, quebradas urbanas y comunidades ribereñas.

Entre febrero y marzo, la anomalía regional se mantuvo levemente negativa, pero con diferencias internas importantes. En febrero, el Norte continuó deficitario y se reportaron incendios forestales, vendavales e inundaciones, incluyendo afectaciones en Bojayá y Riosucio. En marzo, el Centro presentó excedente mensual, mientras el Sur registró déficit marcado. Durante este periodo se destacaron inundaciones en Alto Baudó y Medio Baudó, asociadas al río Baudó y afluentes, junto con incendios forestales en varios municipios del Norte. La composición de eventos muestra un territorio dividido entre coberturas expuestas al fuego, viviendas vulnerables a vendavales y sistemas fluviales con respuesta rápida ante lluvias concentradas.




En abril y mayo, el patrón cambió hacia anomalías regionales positivas. Abril registró un excedente cercano a +54,6 mm y mayo uno de +94,8 mm. En estos meses aumentaron las inundaciones y crecientes en corredores del Centro, Norte y Sur. En mayo se reportó una inundación de alta magnitud en Tumaco, asociada a los ríos Mira, Imbilí, Caunapí y Guisa, con 40.100 personas afectadas y 8.020 viviendas averiadas. También se registraron afectaciones en El Litoral del San Juan, Carepa, Medio Atrato, Barbacoas, López de Micay y otros municipios. En este tramo, la recuperación o concentración de la lluvia se tradujo en respuesta fluvial intensa sobre ríos principales, afluentes, zonas bajas y áreas de cultivo ribereño.

La cifra de 40.100 personas afectadas en Tumaco esconde una historia que se repitió varias veces durante 2024. Según un reporte de Blu Radio del 28 de mayo una nueva creciente del río Mira arrasó con todo lo que encontró a su paso, afectando al menos doce veredas rurales de Tumaco y dejando a las familias sin enseres, aves de corral ni cultivos de pancoger.

El director de la oficina de gestión del riesgo del municipio señaló que estas familias perdieron todo nuevamente en menos de un mes por las fuertes lluvias que provocaron el aumento del cauce. Esta recurrencia –inundarse, reconstruir, e inundarse de nuevo en cuestión de semanas– es la cara humana del excedente cercano a +94,8 mm que se registra para mayo de 2024 en el balance regional: un número que, en el papel, parece alivio frente al déficit de los meses anteriores, pero que en el territorio se tradujo en la pérdida repetida del sustento de cientos de familias ribereñas.

2024, en cambio, no debe evaluarse por el promedio regional, sino por el contraste entre déficit en Norte y Sur, excedente en el Centro y cambio de patrón entre enero-marzo y abril-mayo. En los primeros meses dominaron incendios forestales, sequía, desabastecimiento, vendavales y eventos fluviales puntuales; posteriormente, con el aumento de la lluvia, se intensificaron inundaciones y crecientes en corredores expuestos. Por ello, 2024 funciona como referencia reciente para vigilar años con señales mixtas, donde el riesgo puede desplazarse rápidamente entre déficit hídrico, fuego, viento y exceso localizado de agua.

## 1.5. Indicadores de continuidad hídrica: CDD y CWD

Después de revisar las anomalías de precipitación durante eventos El Niño, es necesario analizar la continuidad diaria de la lluvia. Las anomalías permiten identificar si un mes o un año estuvo por encima o por debajo de su climatología; sin embargo, no muestran cómo se distribuyó la lluvia dentro del periodo. En el Chocó Biogeográfico, esta diferencia es decisiva: dos meses con acumulados similares pueden producir efectos territoriales distintos si en uno la lluvia fue regular y en otro se concentró en pocos eventos separados por pausas secas prolongadas.

Para incorporar esta dimensión se utilizaron dos indicadores calculados a partir de la precipitación diaria: CDD y CWD. El CDD (Consecutive Dry Days) corresponde a la máxima racha de días consecutivos con precipitación inferior a 1 mm. Este indicador permite identificar interrupciones de la lluvia que pueden presionar nacimientos, quebradas menores, fuentes comunitarias, humedad del suelo, coberturas vegetales y sistemas productivos. En términos de gestión del riesgo, el CDD ayuda a ubicar ventanas de mayor sensibilidad frente a déficit hídrico, incendios forestales, desabastecimiento local y estrés en ecosistemas dependientes de humedad permanente.

El CWD (Consecutive Wet Days) corresponde a la máxima racha de días consecutivos con precipitación igual o superior a 1 mm. Su utilidad es distinta: permite identificar periodos de lluvia persistente que pueden favorecer saturación de suelos, crecientes, desbordamientos, aumento de turbidez, movimientos en masa y presión sobre ríos, caños, ciénagas, humedales, esteros y drenajes urbanos. En una región donde las emergencias por exceso de agua pueden ocurrir incluso durante años deficitarios, el CWD ayuda a reconocer cuándo la continuidad de la lluvia puede convertirse en factor de amenaza

| Indicador | Nombre | Qué mide | Diagnostico territorial |
|---|---|---|---|
| **CDD** | Días secos consecutivos | Mayor número de días seguidos con precipitación menor a 1 mm. | Pausas secas, presión sobre fuentes menores, incendios, humedad del suelo y abastecimiento. |
| **CWD** | Días húmedos consecutivos | Mayor número de días seguidos con precipitación igual o mayor a 1 mm. | Lluvias persistentes, saturación de suelos, crecientes, turbidez y remoción en masa. |

**Tabla 5.** Indicadores de continuidad hídrica utilizados para interpretar rachas secas y húmedas.
**Fuente:** elaboración propia a partir de criterios climáticos estándar para índices de precipitación.

La lectura conjunta de CDD y CWD permite separar dos rutas de riesgo que pueden coexistir durante condiciones El Niño. La primera está asociada a pausas secas prolongadas, con efectos sobre abastecimiento, fuentes menores, coberturas vegetales y humedad del suelo. La segunda se relaciona con lluvias persistentes o concentradas, capaces de activar crecientes, inundaciones, turbidez y movimientos en masa. Esta doble lectura es especialmente útil en el Chocó Biogeográfico, donde un mismo evento cálido puede generar déficit relativo en algunos corredores y, al mismo tiempo, eventos hidrometeorológicos localizados en otros

En la práctica, CDD y CWD ayudan a responder dos preguntas: ¿cuánto tiempo puede pasar el territorio sin lluvia medible? y ¿cuánto tiempo puede mantenerse la lluvia de manera persistente? La primera orienta la vigilancia de déficit relativo, incendios, abastecimiento y estrés ecosistémico; la segunda ayuda a seguir lluvias persistentes, saturación, crecientes, remoción en masa y presión sobre ríos, esteros y humedales.

## 1.5.1. Rachas secas mensuales: CDD por zona

El análisis mensual del CDD permite identificar en qué meses y regímenes hidroclimáticos se presentan las mayores pausas secas dentro del Chocó Biogeográfico. En una región húmeda, el impacto climático no siempre se expresa como ausencia total de lluvia, sino como interrupciones temporales de la continuidad lluviosa. Por eso, el CDD ayuda a observar no solo cuánto llueve, sino durante cuántos días consecutivos puede interrumpirse la lluvia en territorios donde el agua sostiene abastecimientos locales, humedales, cultivos, coberturas vegetales y sistemas fluviales.

El comportamiento no es uniforme entre Norte, Centro y Sur. El régimen Centro, asociado al núcleo hiperhúmedo, presenta en general rachas secas más cortas y estables, usualmente entre 2 y 6 días. Esta regularidad confirma que, aun durante meses cálidos del ENOS, el Centro conserva una mayor continuidad de lluvia. En este régimen, el riesgo no se expresa principalmente como pausas secas prolongadas, sino como cambios puntuales en la distribución de la lluvia, crecientes rápidos, saturación de suelos y afectaciones en corredores como Atrato, San Juan, Baudó y Andágueda.

Sin embargo, en el régimen Centro esos 2 a 6 días tienen un peso que no tienen en casi ningún otro territorio: son suficientes para dejar a miles de familias sin agua potable. La razón es estructural, no climática. En el corredor Atrato-San Juan-Baudó (Quibdó, Lloró, Bojayá, Medio Atrato, Vigía del Fuerte, Istmina, Condoto, Cértegui, entre otros) la gran mayoría carece de acueducto convencional: solo el 26% de viviendas en Quibdó, cabecera municipal del departamento del chocó recibe agua por red de acueducto (El Tiempo); el resto depende del agua lluvia que recoge directamente del techo y acumula en tanques, sin tubería ni reserva comunitaria. Con una precipitación diaria promedio de entre 10 y 16 mm, cinco días sin lluvia representan entre 50 y 80 mm no captados, suficientes para que una familia entre en déficit hídrico antes de que vuelva a llover. Esta dinámica ya se documentó: cuando una pausa de tres semanas afectó a Quibdó, cerca de 100.000 personas protestaron exigiendo agua en una de las ciudades más lluviosas del planeta (El Tiempo). En los caseríos ribereños del Atrato esto ocurre de manera silenciosa, con el agravante adicional de que la Defensoría del Pueblo ha advertido que en esos municipios el agua de ríos y quebradas se usa para consumo directo sin tratamiento, lo que suma un riesgo de salud pública a la crisis de abastecimiento.

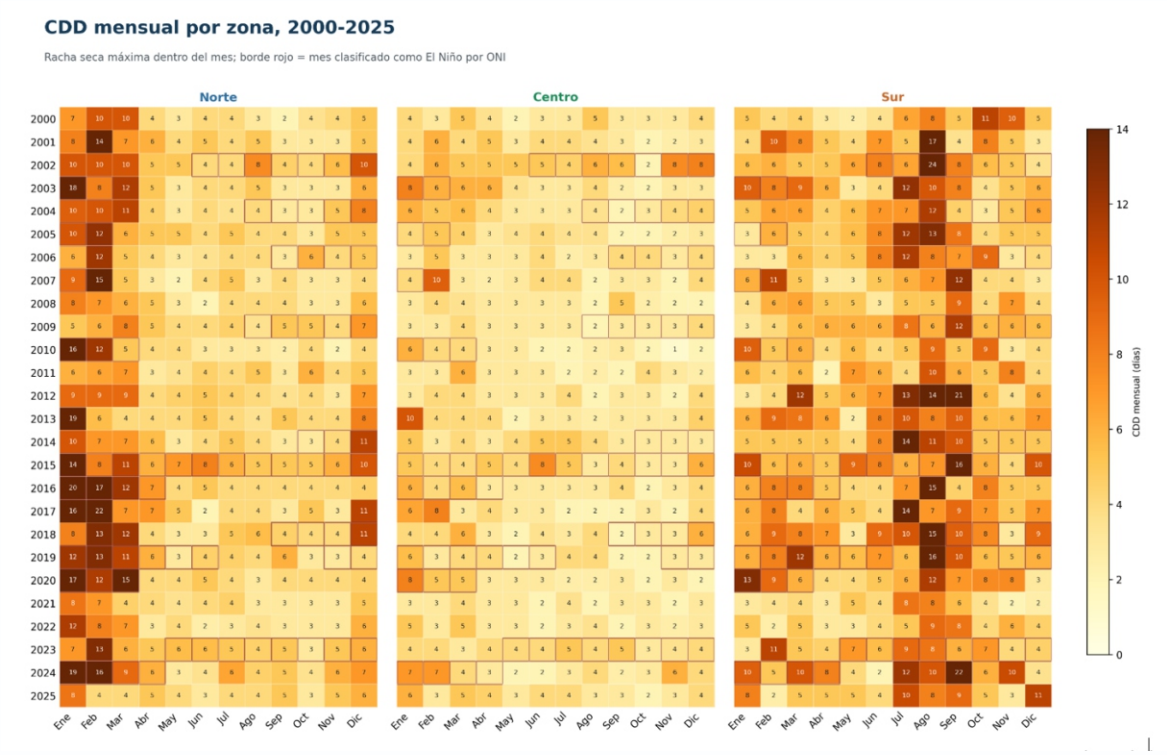



**Figura 9.** CDD mensual por zona del Chocó Biogeográfico, 2000–2025. Fuente: elaboración propia con base en registros diarios de precipitación de estaciones IDEAM DHIME, periodo 2000–2025.
**Nota:** El color más oscuro indica mayor número de días secos consecutivos dentro del mes. El borde rojo identifica meses clasificados como temporada El Niño según el ONI.

El comportamiento del CDD evidencia diferencias espaciales entre las zonas Norte, Centro y Sur. En la zona Centro, vinculada al núcleo hiperhúmedo regional, las rachas secas suelen ser más cortas y menos variables. Esto sugiere que, incluso durante años cálidos o meses con influencia de El Niño, la persistencia de la lluvia amortigua la prolongación de los periodos secos consecutivos. En el régimen Norte se observan las pausas secas más relevantes al inicio del año. En 2016, por ejemplo, el CDD alcanzó 20 días en enero, 17 en febrero y 12 en marzo. Este periodo coincide con reportes de incendios forestales en Unguía y Riosucio; en Unguía se registró un evento en el DRMI Lago Azul Los

Manatíes con 5.000 hectáreas afectadas. En 2019 también se observaron CDD altos entre enero y marzo, con valores de 12, 13 y 11 días, periodo en el que se reportaron incendios de cobertura vegetal en Carepa, Necoclí, Turbo, Riosucio y Unguía, incluyendo un evento en Unguía con 800 hectáreas afectadas. En 2024, el Norte presentó CDD de 19 días en enero y 16 en febrero, junto con reportes de desabastecimiento de agua y sequía en Arboletes, San Juan de Urabá y Turbo. Estos casos muestran que las pausas secas prolongadas son especialmente sensibles para el Darién, el Bajo Atrato y el Urabá chocoano.

El régimen Sur también presenta episodios destacados de CDD, pero con una distribución más variable. Se observan picos importantes como agosto de 2002, septiembre de 2012 y septiembre de 2024, cuando se alcanzaron valores superiores a 20 días. Esta variabilidad sugiere que los sectores del Pacífico sur, zonas costeras, valles, planicies y áreas de transición pueden experimentar pausas secas relevantes, aun dentro de un contexto general de alta humedad. En este régimen, la alternancia entre pausas secas y lluvias intensas puede ser especialmente importante para cultivos de pancoger, sistemas ribereños, manglares, esteros y comunidades costeras.

Los recuadros rojos permiten identificar los meses clasificados como El Niño según el ONI. Su presencia muestra que durante temporadas Niño pueden aparecer pausas secas importantes, aunque no siempre con la misma intensidad ni en los mismos regímenes. La lectura territorial del CDD permite entonces complementar los mapas de anomalía: mientras la anomalía muestra si llovió por encima o por debajo de la climatología, el CDD muestra la continuidad o interrupción de la lluvia en cada zona

# 1.5.2. Rachas húmedas mensuales: CWD por zona

El indicador CWD permite analizar la persistencia de la lluvia dentro de cada mes. Mientras el CDD identifica las pausas secas más prolongadas, el CWD muestra cuántos días consecutivos se mantiene la lluvia. Esta lectura es clave en el Chocó Biogeográfico porque el riesgo climático no se expresa únicamente como reducción de precipitación. En una región de alta humedad, la persistencia de la lluvia puede traducirse en saturación de suelos, crecientes, aumento de turbidez, desbordamientos y presión sobre ríos, humedales, esteros y zonas bajas.

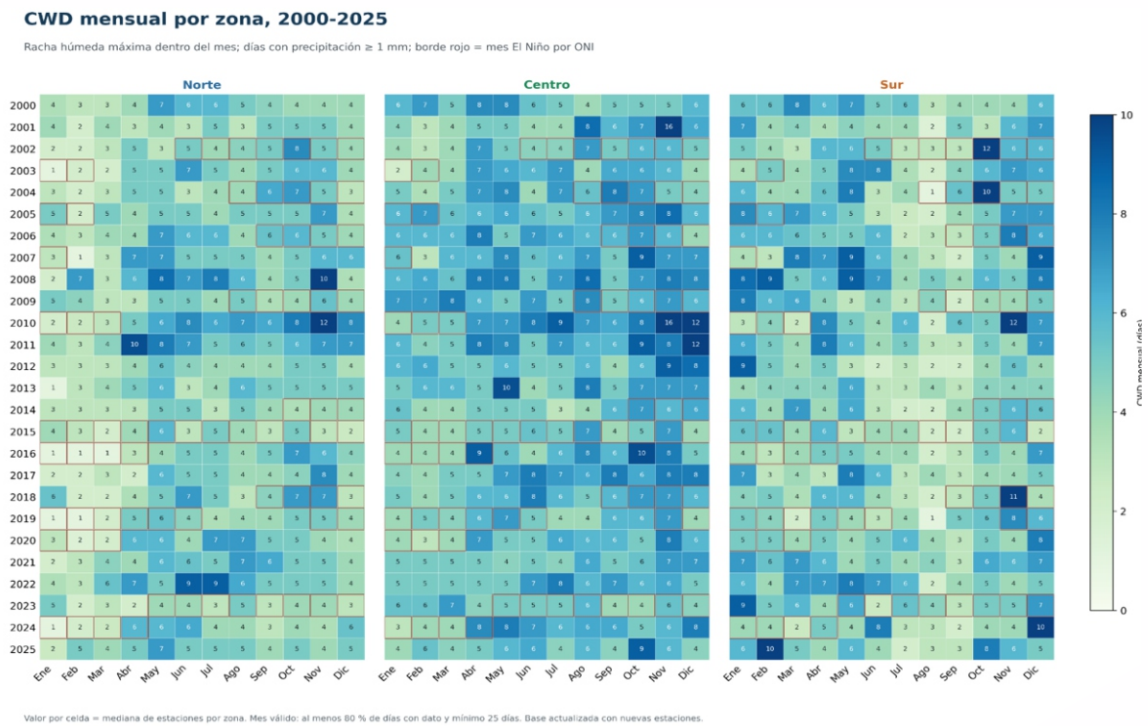



**Figura 10.** CWD mensual por zona del Chocó Biogeográfico, 2000–2025. Fuente: elaboración propia con base en registros diarios de precipitación de estaciones IDEAM DHIME, periodo 2000–2025. El color más intenso indica mayor número de días húmedos consecutivos dentro del mes. El borde rojo identifica meses clasificados como temporada El Niño según el ONI.

La Figura 10 de CWD mensual por zona muestra diferencias claras entre Norte, Centro y Sur. La zona Centro mantiene una señal relativamente persistente de días húmedos consecutivos, coherente con su condición de núcleo hiperhúmedo. Esto indica que, aun cuando se presenten meses con anomalías negativas o condiciones Niño, la lluvia puede conservar cierta regularidad temporal en esta zona.

El régimen Centro presenta, en general, las rachas húmedas más estables de la serie. Esto es coherente con su condición de núcleo hiperhúmedo, donde la lluvia tiende a mantener mayor continuidad incluso en años cálidos del ENOS. En la gráfica, abril de 2016 muestra una racha húmeda máxima de 9 días consecutivos en el Centro, uno de los valores más altos de ese año para este régimen. Ese dato ayuda a interpretar las inundaciones registradas en Alto Baudó, Lloró, Medio Atrato y Quibdó, asociadas a ríos como Baudó, Atrato, Andágueda, Tanguí, Beté, Bebará, Bebaramá y Buey. En este caso, el CWD no solo indica que llovió, sino que la lluvia mantuvo continuidad suficiente para favorecer saturación, crecientes y desbordamientos en cuencas del núcleo hiperhúmedo.

En 2019 también se observa la importancia del CWD para interpretar eventos del régimen Centro. Durante junio se reportaron inundaciones en Bojayá, Lloró, Atrato, Quibdó, Bagadó e Istmina. En este caso, la lectura del CWD permite complementar la anomalía mensual, porque no solo interesa si el mes fue más seco o más lluvioso que la climatología, sino si la lluvia se mantuvo durante varios días consecutivos sobre cuencas y comunidades expuestas.

En el régimen Sur, la persistencia húmeda aparece de forma más variable, pero algunos meses muestran señales relevantes. En diciembre de 2023 se registraron inundaciones en Barbacoas,

Guapi, Magüí Payán y Roberto Payán, asociadas a sistemas como Telembí, Ñambí, Guelmambí, Ingusmbí, Alto Guapi, Magüí, Patía y Pumbí. Estos casos muestran que el Pacífico sur puede alternar pausas secas con episodios de lluvia persistente capaces de activar ríos, quebradas y zonas bajas.

En 2024, el CWD también ayuda a interpretar la coexistencia de El Niño con eventos de inundación. En mayo, el régimen Centro presentó excedentes de precipitación y se registraron inundaciones en El Litoral del San Juan, Medio Atrato, Lloró, Atrato y Riosucio, asociadas a ríos como Copomá, San Juan, Atrato, Bebaramá, Buey y Bebará. Esto confirma que durante un evento Niño pueden mantenerse rachas húmedas relevantes en determinados corredores, especialmente cuando las lluvias se concentran sobre cuencas con alta conectividad fluvial.

El CWD complementa la lectura del CDD. Si aumentan las rachas secas y disminuyen las rachas húmedas, puede perderse continuidad hídrica. Si se mantienen o aumentan las rachas húmedas, la atención debe pasar a saturación de suelos, crecientes, turbidez y presión sobre ríos, esteros y humedales.

Con este indicador se identifican tanto los lugares donde persiste la lluvia como aquellos donde conviene vigilar impactos por exceso o acumulación continua de humedad.

# 1.6 Estaciones con mayor persistencia seca en años asociados con el Niño

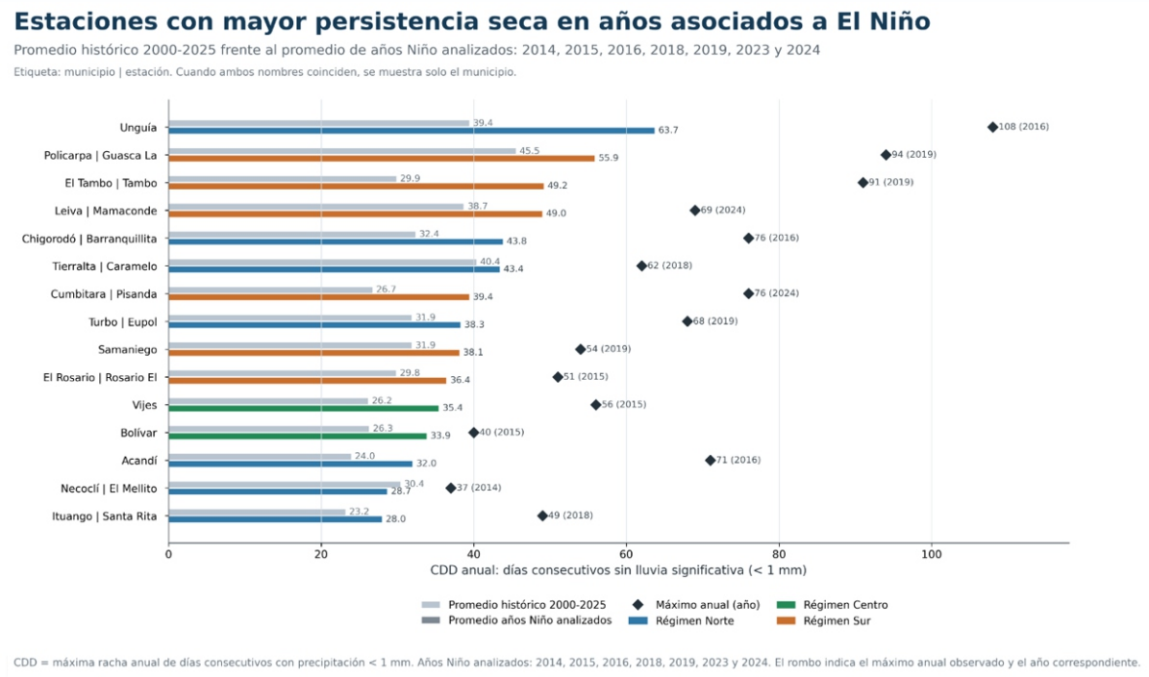



**Figura 13.** Estaciones con mayor persistencia seca en años asociados con el Niño

La Figura 13 de estaciones con mayor persistencia seca permite identificar localidades donde los años asociados a El Niño presentan rachas secas más prolongadas que el promedio histórico 2000–2025. Esta lectura es importante porque traslada el análisis desde el promedio regional hacia puntos concretos de vigilancia. El caso más destacado es Unguía, en el régimen hidroclimático Norte, donde el CDD medio histórico es de 39,4 días, pero durante los años Niño analizados aumenta a 63,7 días. Además, esta estación registra el máximo más alto de toda la serie, con 108 días consecutivos secos en 2016.

Esta señal convierte a Unguía y su entorno en un punto prioritario para seguimiento de sequía meteorológica, incendios de cobertura vegetal, humedales, fuentes menores y disponibilidad local de agua.

Este mismo lugar –Unguía, con su racha histórica de 108 días sin lluvia medible en 2016– alberga el Distrito Regional de Manejo Integrado "Lago Azul – Los Manatíes", declarado por CODECHOCÓ en 2013 para proteger al manatí antillano (Trichechus manatus manatus), una especie clasificada como En Peligro en Colombia. La Fundación Omacha trabaja allí en conjunto con el Consejo Comunitario de Unguía (COCOMAUNGÍA) y CODECHOCÓ en el monitoreo de manatíes y babillas. El incendio de 5.000 hectáreas registrado en este DRMI durante 2016, ya descrito en este capítulo, no ocurrió en un área cualquiera: ocurrió en el hábitat de una especie que ya enfrenta amenazas de cacería y pérdida de hábitat en todo el país. Una racha seca de 108 días no es solo un número en una gráfica de CDD: es el tiempo suficiente para que un humedal que sostiene a una de las pocas poblaciones de manatíes del Pacífico chocoano pierda la humedad que lo protege del fuego. Por eso, lo que está en juego en Unguía durante años Niño no es solo la disponibilidad de agua: es la supervivencia de una especie amenazada y la continuidad de un proceso de gestión comunitaria que ha tomado años construir.

En el régimen hidroclimático Norte también sobresalen estaciones como Barranquillita/Chigorodó, Caramelo/Tierralta, Eupol/Turbo, Acandí, El Mellito/Necoclí y Santa Rita/Ituango. Varias de ellas presentan aumentos del CDD durante años Niño y máximos anuales relevantes, como Chigorodó con 76 días en 2016, Turbo con 68 días en 2019 y Acandí con 71 días en 2016. Esta concentración refuerza la sensibilidad del corredor Darién-Urabá-Bajo Atrato frente a pausas secas prolongadas,

especialmente en territorios donde la lluvia sostiene humedales, ciénagas, fuentes menores, áreas de transición bosque-humedal y coberturas vegetales expuestas a incendios.

En el régimen hidroclimático Sur, la gráfica muestra aumentos importantes en estaciones como Guasca La/Policarpa, Tambo/El Tambo, Mamaconde/Leiva, Pisanda/Cumbitara, Samaniego y Rosario El/El Rosario. Guasca La/Policarpa pasa de 45,5 días en el promedio histórico a 55,9 días en años Niño, con un máximo de 94 días en 2019. Tambo/El Tambo aumenta de 29,9 a 49,2 días, con máximo de 91 días en 2019. Estos resultados muestran que las zonas de transición andino-pacífica del sur también pueden experimentar rachas secas prolongadas, aun cuando el Pacífico sur mantenga una alta humedad general. En estos sectores, la pérdida de continuidad de la lluvia puede afectar nacimientos, quebradas, suelos de ladera, cultivos y disponibilidad local de agua.

El régimen hidroclimático Centro aparece menos representado entre las estaciones de mayor persistencia seca, lo que es coherente con su condición hiperhúmeda. Sin embargo, estaciones como Vijes y Bolívar muestran incrementos frente al promedio histórico. Esto indica que, incluso dentro o cerca del núcleo húmedo, existen localidades de borde o transición donde los años Niño pueden alargar las pausas secas. En estos casos, el seguimiento debe concentrarse en cambios locales de continuidad hídrica, fuentes menores, coberturas vegetales y condiciones de borde entre valles, lomeríos y montaña.

En conjunto, la gráfica no solo ordena estaciones, sino que ayuda a reconocer corredores de sensibilidad hidroclimática dentro del Chocó Biogeográfico. En el Norte, orienta la vigilancia hacia focos de calor, humedales, ciénagas y coberturas vegetales; en el Sur, hacia fuentes menores, nacimientos, quebradas, cultivos y suelos

de transición; y en el Centro, hacia estaciones de borde donde la humedad regional no elimina por completo la posibilidad de pausas secas prolongadas. Por ello, estos puntos deben considerarse prioritarios para seguimiento preventivo durante años cálidos del ENOS.

## 1.7 Señal local durante El Niño: estaciones y localidades

Las matrices locales de CDD y CWD permiten profundizar la lectura por estación o localidad, comparando meses sin El Niño, meses con El Niño y el cambio observado entre ambos grupos. Esta información es valiosa porque muestra que la respuesta del Chocó Biogeográfico no es uniforme: algunas localidades aumentan sus pausas secas durante El Niño, otras reducen su persistencia húmeda y otras presentan señales mixtas. Las matrices completas se presentan al final como Anexo 2 (CDD) y Anexo 3 (CWD), para mantener la trazabilidad técnica sin recargar el cuerpo principal del informe.

| Lectura | Evidencia en las matrices | Criterio de seguimiento territorial |
|---|---|---|
| **Aumento local del CDD** | Varias estaciones muestran más días secos consecutivos durante meses clasificados como El Niño. | Mayor presión sobre fuentes menores, abastecimiento, humedad del suelo, cultivos, incendios de cobertura vegetal y pequeños cuerpos de agua. |
| **Reducción local del CWD** | En varias localidades disminuye la persistencia de días lluviosos durante meses Niño. | Menor recarga sostenida, fragmentación de la continuidad húmeda y posible estrés sobre caudales secundarios, ciénagas y humedales. |
| **Señales mixtas** | Algunas estaciones mantienen rachas húmedas o presentan cambios débiles, aun durante meses Niño. | El Niño no elimina la lluvia; puede alternar pausas secas con episodios lluviosos persistentes o concentrados. |
| **Lectura territorial** | Las diferencias entre estaciones confirman que el efecto depende del corredor, el paisaje y la localización. | La preparación debe pasar de una alerta general a una vigilancia diferenciada por estaciones, corredores hidroecológicos y sistemas sensibles. |

**Tabla 6.** Síntesis interpretativa de la señal local durante meses El Niño a partir de matrices de CDD y CWD por estación/localidad. Fuente: elaboración propia con base en registros diarios IDEAM DHIME y clasificación de meses El Niño según ONI.

La comparación local permite identificar estaciones donde el cambio durante El Niño es particularmente relevante. En esos casos, el seguimiento no debe limitarse al acumulado mensual de precipitación, sino incluir la duración de las pausas secas, la persistencia de los días lluviosos, la situación de fuentes menores, reportes comunitarios, focos de calor, calidad del agua y comportamiento de ciénagas, humedales o esteros cercanos.

Este cruce de indicadores ayuda a decidir dónde mirar primero. Cuando una localidad aumenta su CDD y reduce su CWD durante meses Niño, puede estar perdiendo continuidad hídrica. Si mantiene o aumenta el CWD, el riesgo puede orientarse hacia lluvias persistentes, saturación, turbidez o crecientes localizadas.

Nota técnica: las matrices completas de CDD y CWD por estación/localidad se incluyen como Anexo 2 y Anexo 3. En el cuerpo del documento se conserva la síntesis interpretativa, mientras que los anexos permiten revisar el detalle por localidad, zona y mes.

## 1.8 Sistemas sensibles

Los antecedentes históricos de eventos El Niño permiten identificar sistemas territoriales que requieren vigilancia especial en el Chocó Biogeográfico. Aunque los impactos varían según la intensidad del evento, la época del año, la zona y el paisaje, la evidencia nacional y regional muestra que los efectos pueden concentrarse en sistemas hídricos, ecosistemas estratégicos, actividades productivas, abastecimiento, pesca, calidad del agua y medios de vida comunitarios.

Esta sección convierte el análisis climático en una guía de seguimiento.

Además de la lluvia acumulada, deben observarse caudales menores, ciénagas, humedales, manglares, pesca, incendios de cobertura, sistemas productivos, minería, movilidad fluvial y reportes comunitarios.

| Sistema sensible | Posibles efectos durante El Niño | Señales para el seguimiento territorial |
|---|---|---|
| **Ríos y caudales menores** | Menor aporte hídrico, reducción de fuentes locales o crecientes súbitas puntuales cuando ocurren lluvias intensas. | Caudales secundarios, quebradas, caños, nacimientos, captaciones comunitarias y reportes de navegabilidad. |
| **Ciénagas, humedales y planicies inundables** | Pérdida temporal de conectividad río-ciénaga, menor renovación hídrica o desbordamientos localizados. | Nivel de agua, conexión río-ciénaga, mortandad de peces, coloración, olores y calidad del agua. |
| **Manglares, esteros y zonas costeras** | Cambios en salinidad, sedimentación y hábitats de peces | Salinidad, turbidez, estado del manglar, descarga de agua dulce, erosión y pesca artesanal. |
| **Pesca continental y costera** | Cambios en disponibilidad de especies, reproducción, esfuerzo pesquero, rutas de pesca y seguridad alimentaria. | Capturas, especies reportadas, sitios de pesca, mortandades, temperatura, turbidez y oxígeno disuelto cuando sea posible. |
| **Sistemas productivos** | Estrés hídrico, pérdida de humedad del suelo, plagas, menor productividad o afectaciones por encharcamiento y lluvias persistentes. | Cultivos de pancoger, plátano, cacao, arroz, huertas, ganadería menor, pérdidas tempranas y abastecimiento. |
| **Incendios de cobertura vegetal** | Mayor susceptibilidad si coinciden calor, menor humedad, material seco y quemas humanas no controladas. | Focos de calor, quemas agrícolas, zonas intervenidas, bordes de vía, serranías y reportes comunitarios. |
| **Minería y calidad del agua** | Menor dilución en caudales bajos o mayor arrastre de sedimentos y contaminantes durante lluvias intensas. | Turbidez, coloración, sólidos suspendidos, captaciones aguas abajo, puntos mineros y afectaciones a pesca o consumo. |

**Tabla 8.** Sistemas sensibles y criterios de vigilancia derivados de antecedentes históricos y aprendizajes institucionales frente a El Niño.
**Fuente:** elaboración propia con base en el Plan Nacional de Gestión ante El Niño, lecciones aprendidas MADS y análisis territorial del Chocó Biogeográfico.

La tabla anterior describe categorías generales de sistemas sensibles, pero el registro histórico de eventos asociados a El Niño (UNGRD/DesInventar, 2014-2024) permite ir más allá: identificar dónde estos sistemas ya han mostrado fallas repetidas y con qué magnitud. El cruce entre la Tabla 8 y los eventos registrados revela tres corredores donde la recurrencia es especialmente alta, y que se desarrollan en detalle en el numeral “De la alerta climática a la vigilancia territorial”:

En el corredor del Atrato medio (régimen Centro), los municipios de Bojayá, Medio Atrato, Lloró, Quibdó y Vigía del Fuerte registran inundaciones o crecientes súbitas en al menos tres de los últimos

cuatro periodos Niño analizados (2019, 2023, 2024), acumulando más de 85.000 personas afectadas en eventos priorizados sobre los ríos Atrato, Bebará, Bebaramá, Buey, Andágueda, Napipi, Murrí y Arquía. Esta recurrencia no es casual: en el Atrato medio muchas viviendas son palafíticas porque el río se sube hasta meses a las casas, y la gente ha aprendido a convivir con eso, según describe la Unidad para las Víctimas. Es decir, las filas "ríos y caudales menores" y "ciénagas, humedales y planicies inundables" de la Tabla 8 no describen un riesgo eventual en este corredor, sino una condición estructural con la que la población ya negocia su vida cotidiana, hasta que la magnitud de la creciente supera el margen de adaptación tradicional.

En el corredor del Pacífico Sur (régimen Sur), los municipios de El Litoral del San Juan, López de Micay, Barbacoas, Timbiquí, Tumaco, Magüí Payán, Roberto Payán, Guapi y Medio/Alto Baudó muestran el patrón más severo en términos de magnitud individual: solo en 2024, El Litoral del San Juan y Tumaco acumularon más de 75.000 personas afectadas en eventos puntuales, sobre los ríos San Juan, Mira, Telembí, Naya, Saija y Baudó. Aquí, las filas "manglares, esteros y zonas costeras" y "pesca continental y costera" de la Tabla 8 conviven con "ríos y caudales menores": son los mismos cursos de agua que sostienen la pesca, la movilidad fluvial y la conexión con el litoral los que generan las crecientes más severas cuando la lluvia se concentra.

En el corredor Urabá-Bajo Atrato-Darién (régimen Norte), el patrón es inverso: Unguía, Riosucio, Carepa, Chigorodó, Apartadó, Arboletes, San Juan de Urabá y Turbo concentran la mayor frecuencia de incendios de cobertura vegetal, incendios forestales, sequía y desabastecimiento de agua, especialmente entre enero y abril, lo que activa principalmente la fila "incendios de cobertura vegetal" de la Tabla 8. Riosucio es el único municipio que aparece de forma recurrente en ambos extremos

–inundación severa e incendio–, lo que lo convierte en un caso de doble vulnerabilidad climática dentro de un mismo año.

El numeral "De la alerta climática a la vigilancia territorial" retoma estos tres corredores en detalle, respondiendo para cada uno dónde vigilar, qué puede ocurrir, cuándo es más probable y por qué su vulnerabilidad es constante.

## 1.9 Lectura prospectiva de precipitación para 2026-2027: déficit, continuidad hídrica y señal mixta

El 11 de junio de 2026, el IDEAM confirmó que las condiciones tipo El Niño ya están presentes tanto en el océano como en la atmósfera del Pacífico ecuatorial, con una probabilidad superior al 95% de que se fortalezcan durante el segundo semestre de 2026 y persistan hasta el primer trimestre de 2027. El mismo boletín estima en 63% la probabilidad de que el fenómeno alcance una intensidad "muy fuerte" -anomalías superiores a 2,0°C- entre noviembre de 2026 y enero de 2027, lo que lo ubicaría entre los eventos más intensos desde 1950, en el mismo rango que los episodios de 1997-1998 y 2015-2016, los dos más fuertes que ha enfrentado el país hasta ahora. Apenas días antes, la directora del IDEAM ya había advertido que este evento "será más intenso que el de 2024". La lectura prospectiva que sigue no parte, entonces, de un escenario hipotético: parte de un evento que ya está en curso y que las proyecciones oficiales ubican entre los más severos de los últimos 75 años.

El mismo seguimiento introduce, sin embargo, un matiz central para este análisis. Mientras Caribe, Andina y Orinoquía aparecen

como las regiones más expuestas a un déficit generalizado de lluvias, los departamentos donde el IDEAM identifica mayor probabilidad de que persistan los aguaceros son Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, todos ubicados en la región Pacífica: el territorio exacto de este análisis. Esto no significa que el Chocó Biogeográfico quede al margen del fenómeno, pero sí confirma con una fuente oficial reciente la señal mixta que la climatología 2000-2025 ya anticipaba: un evento "muy fuerte" a escala continental puede traducirse, en este territorio, en pausas secas más prolongadas en unos corredores y persistencia o intensificación de lluvias en otros, no en un déficit homogéneo.

A partir de esta historia reciente de precipitación y del escenario oficial confirmado para el evento 2026-2027, el comportamiento esperado debe leerse con cuidado. No se trata de anticipar una sequía general para todo el Chocó Biogeográfico, sino de reconocer una señal por zonas: algunos corredores pueden recibir menos lluvia de la esperada, otros pueden presentar pausas secas más largas y algunos sectores costeros o de influencia fluvial pueden mantener lluvias localizadas o excedentes puntuales.

En una región naturalmente húmeda, el riesgo no depende solo de que "llueva poco". También depende de cuánto se aparta la lluvia de lo normal, en qué mes ocurre esa reducción y cuántos días se interrumpe la precipitación. Por eso, el seguimiento debe combinar anomalías, CDD, CWD y reportes territoriales sobre ríos menores, ciénagas, humedales, manglares, esteros, pesca y sistemas productivos.

En junio y julio conviene trabajar como fase de verificación. Más que emitir un mensaje de alarma general, se recomienda fortalecer la línea base operativa: lluvia diaria, anomalías mensuales, rachas secas y húmedas, niveles de ciénagas, caudales secundarios y reportes comunitarios.

Agosto requiere una lectura más fina. Los escenarios disponibles sugieren déficits de precipitación en varios sectores de la región Pacífica, pero también posibles incrementos localizados en áreas costeras, especialmente hacia el litoral vallecaucano. El mensaje público no debería presentar agosto como un mes de sequía homogénea, sino como una ventana de vigilancia diferenciada.

En el Bajo Atrato-Darién, las serranías, el piedemonte, las fuentes menores, las planicies aluviales y algunos sectores de transición, la atención debe ponerse en la continuidad hídrica. Una reducción temporal de la lluvia puede sentirse en quebradas y caños, abastecimientos comunitarios, humedad del suelo, cultivos y susceptibilidad a incendios cuando coinciden pausas secas con quemas o manejo inadecuado del fuego. Este corredor –que incluye a Unguía, Riosucio, Carepa, Chigorodó, Apartadó, Arboletes, San Juan de Urabá y Turbo– debe entenderse para 2026-2027 como una zona de doble alerta temprana: el periodo enero-abril concentra históricamente tanto los mayores valores de CDD (Unguía: hasta 108 días secos consecutivos en 2016, el máximo de toda la serie 2000-2025) como el mayor número de eventos de incendio y desabastecimiento registrados por UNGRD entre 2019 y 2024, más de 35 eventos en estos cinco municipios principales. Con un evento que el IDEAM proyecta como "muy fuerte" entre noviembre de 2026 y enero de 2027, la probabilidad de que las pausas secas de este corredor se prolonguen más allá de lo histórico debe considerarse alta, no solo posible, y debe activar protocolos preventivos desde el segundo semestre de 2026, sin esperar a que los focos de calor sean evidentes.

En sectores costeros, estuarinos y de influencia fluvial, la vigilancia debe mantenerse sobre lluvias intensas localizadas. Allí los efectos pueden aparecer como crecientes súbitas, turbidez, erosión de orillas, cambios en esteros, alteraciones en manglares o afectaciones en zonas de pesca.



El Niño puede cambiar la distribución de la lluvia, no simplemente eliminarla. Este es precisamente el comportamiento documentado en el corredor del Pacífico Sur (El Litoral del San Juan, López de Micay, Barbacoas, Timbiquí, Tumaco, Magüí Payán, Roberto Payán, Guapi y Baudó) y en el corredor del Atrato medio (Bojayá, Medio Atrato, Lloró, Quibdó, Vigía del Fuerte), donde el historial de eventos 2019-2023-2024 muestra crecientes súbitas e inundaciones en meses tan distintos como enero, febrero, mayo, junio, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre. En estos dos corredores, El Niño no reduce el riesgo hidrológico: lo redistribuye en el tiempo. Por ello, a diferencia del corredor Norte –donde la vigilancia puede concentrarse en una ventana estacional definida–, en el Atrato medio y el Pacífico Sur el monitoreo de caudales, niveles de ríos y reportes comunitarios no debería pausarse en ningún mes del año durante 2026-2027, ajustando únicamente la intensidad según la época: máxima en enero-febrero, mayo y noviembre-diciembre, y de mantenimiento en el resto del año.

Entre septiembre y noviembre la vigilancia debería intensificarse si se mantiene una señal regional de reducción de precipitación. La prioridad sería seguir anomalías negativas, rachas secas, caudales menores, ciénagas, humedales, abastecimiento, sistemas productivos, pesca, manglares y calidad del agua, sin perder de vista lluvias intensas localizadas donde los escenarios o la historia climática indiquen una respuesta mixta.

En términos prácticos, la preparación para el evento El Niño 2026-2027 debe separar zonas con posible déficit, zonas con posible exceso localizado y sistemas sensibles. Esa diferencia hace más útil la vigilancia y evita que el mensaje público se reduzca a una sola idea de "sequía" para toda la región.

## 1.10 De la alerta climática a la vigilancia territorial

El análisis desarrollado en este capítulo permite concluir que El Niño no debe interpretarse en el Chocó Biogeográfico como una condición simple, uniforme o exclusivamente asociada a sequía. La evidencia histórica muestra que, aun durante periodos influenciados por El Niño, el territorio puede mantener lluvias importantes, presentar eventos localizados de alta precipitación y, al mismo tiempo, experimentar déficits relativos, pausas secas más prolongadas y cambios en la continuidad hídrica.

Esto tiene un peso decisivo en una región donde el agua organiza la vida ecológica, productiva y comunitaria. Ríos, caños, ciénagas, humedales, manglares, esteros, sistemas productivos, pesca artesanal y abastecimientos locales dependen de la cantidad de lluvia, pero también de su regularidad en el tiempo y de su distribución entre zonas.

El principal aprendizaje de este análisis es que la preparación ante El Niño debe ser diferenciada: no todos los territorios, paisajes y sistemas sensibles responden igual, ni en el mismo momento del año, ni con la misma magnitud.

Para traducir este aprendizaje en una herramienta de gestión, esta sección presenta una guía de vigilancia territorial organizada en las mismas tres zonas hidroclimáticas que han servido de marco a todo el capítulo: Norte, Centro y Sur. Cada zona se describe respondiendo a cuatro preguntas: dónde vigilar, qué puede ocurrir, cuándo es más probable que ocurra, y por qué ese territorio mantiene una condición de vulnerabilidad constante que no se resuelve entre un evento y el siguiente.

## Zona Norte:
### doble amenaza en un mismo régimen

La zona Norte concentra la mayor variedad de amenazas climáticas de todo el Chocó Biogeográfico y exige una vigilancia diferenciada según el sector, porque dentro del mismo régimen hidroclimático coexisten dos perfiles de riesgo opuestos.

**Dónde vigilar**. En el sector del Bajo Atrato ribereño (Bojayá, Vigía del Fuerte, Riosucio y Murindó), el foco son los ríos Atrato, Truandó, Napipí, Murrí, Arquía, Bojayá y Salaquí, y la conectividad de estos cursos con las planicies bajas y los complejos cenagosos del Bajo Atrato. En el sector Urabá-Darién (Unguía, Carepa, Chigorodó, Apartadó, Arboletes, San Juan de Urabá y Turbo), la atención debe concentrarse en focos de calor, estado de coberturas vegetales en zonas de transición bosque-humedal y fuentes menores de abastecimiento, con prioridad al Distrito Regional de Manejo Integrado “Lago Azul-Los Manatíes” en Unguía.

**Qué puede ocurrir.** Los dos sectores tienen amenazas distintas. En el Bajo Atrato ribereño domina la inundación: Bojayá acumuló más de 32.000 personas afectadas entre 2019 y 2024 en eventos sobre los ríos Atrato, Bojayá y Napipi; en diciembre de 2019, Riosucio registró 9.300 personas afectadas por el desbordamiento del Atrato y sus afluentes. En el sector Urabá-Darién, en cambio, dominan el incendio de cobertura vegetal y el desabastecimiento de agua: en enero de 2024, más de 22.000 personas en Arboletes, San Juan de Urabá, Turbo y Carepa enfrentaron crisis hídricas simultáneas; en 2016, Unguía registró un incendio de 5.000 hectáreas dentro del DRMI Lago Azul-Los Manatíes, coincidiendo con una racha de 108 días consecutivos sin lluvia, el máximo de toda la serie 2000-2025.

**Cuando.** Los dos sectores también tienen temporadas distintas. En el Bajo Atrato ribereño, el riesgo de inundación no tiene estacionalidad única: el registro muestra eventos en febrero, junio, julio, agosto y diciembre. En el sector Urabá-Darién, el periodo de mayor probabilidad de incendios y desabastecimiento es enero-abril, coincidiendo con los valores más altos de CDD del régimen Norte (hasta 20 días en enero y 17 en febrero durante años Niño). Septiembre es un mes de vigilancia secundaria en este sector por su variabilidad histórica.

**¿Por qué?** Riosucio es el caso extremo de la zona Norte: es el único municipio del Chocó Biogeográfico que aparece de manera recurrente en ambos extremos del espectro climático (incendios forestales en el primer semestre e inundaciones por desbordamiento del Atrato y Truandó en el segundo) sin que exista un periodo tranquilo entre uno y otro. Sus protocolos de vigilancia deben cambiar de enfoque dentro del mismo año: de monitorear focos de calor y niveles de fuentes menores (enero-abril) a monitorear niveles del Atrato y Truandó (segundo semestre). Para Unguía, la vulnerabilidad es además ecológica: el

DRMI Lago Azul-Los Manatíes alberga al manatí antillano (Trichechus manatus manatus, especie En Peligro), cuyo hábitat depende del humedal que una racha seca prolongada puede dejar sin la humedad que lo protege del fuego, con consecuencias sobre un proceso de gestión comunitaria que la Fundación Omacha, CODECHOCÓ y el Consejo Comunitario de Unguía (COCOMAUNGÍA) han construido durante años.

## Zona Centro:
### inundaciones todo el año y agua que depende del cielo

**Dónde vigilar.** El río Atrato y sus afluentes del tramo medio –Bebará, Bebaramá, Buey, Andágueda– junto con el río Baudó (Medio y Alto Baudó) y el río San Juan en El Litoral del San Juan. Atención especial a la conectividad del Atrato con los complejos cenagosos Ciénaga Grande de Beté y La Larga-Tagachí, que funcionan como amortiguadores de crecientes, pero también como receptores de los excesos hídricos. Los municipios con mayor frecuencia de eventos son Medio Atrato, Lloró, Quibdó, Atrato, Bagadó, Istmina, Condoto, Cértegui, Medio Baudó, Alto Baudó y El Litoral del San Juan.

**Qué puede ocurrir.** Crecientes súbitas e inundaciones que afectan simultáneamente vivienda, cultivos de pancoger y movilidad fluvial. El registro muestra que Medio Atrato acumuló más de 26.000 personas afectadas entre 2014 y 2024; Lloró, más de 10.000; Alto Baudó, 15.000 en un solo evento en marzo de 2024; y El Litoral del San Juan, cerca de 35.000 entre 2019 y 2024. Un rasgo central de este régimen es que el riesgo de inundación coexiste con el déficit pluviométrico: el año más deficitario del periodo analizado –2015, con -1.257,2 mm en el régimen Centro– también produjo inundaciones en febrero y julio, lo que confirma que en la zona Centro la irregularidad de la lluvia es tan peligrosa como su reducción.



**Cuando.** La zona Centro no tiene una estación de riesgo única. El registro muestra eventos en todos los meses del año, con mayor concentración en enero-febrero, mayo-junio y noviembre-diciembre. La vigilancia debe mantenerse activa durante todo el año, ajustando la intensidad según el CWD mensual: cuando este indicador supera los 6-7 días húmedos consecutivos, la probabilidad de saturación y creciente en las cuencas del Atrato aumenta significativamente.

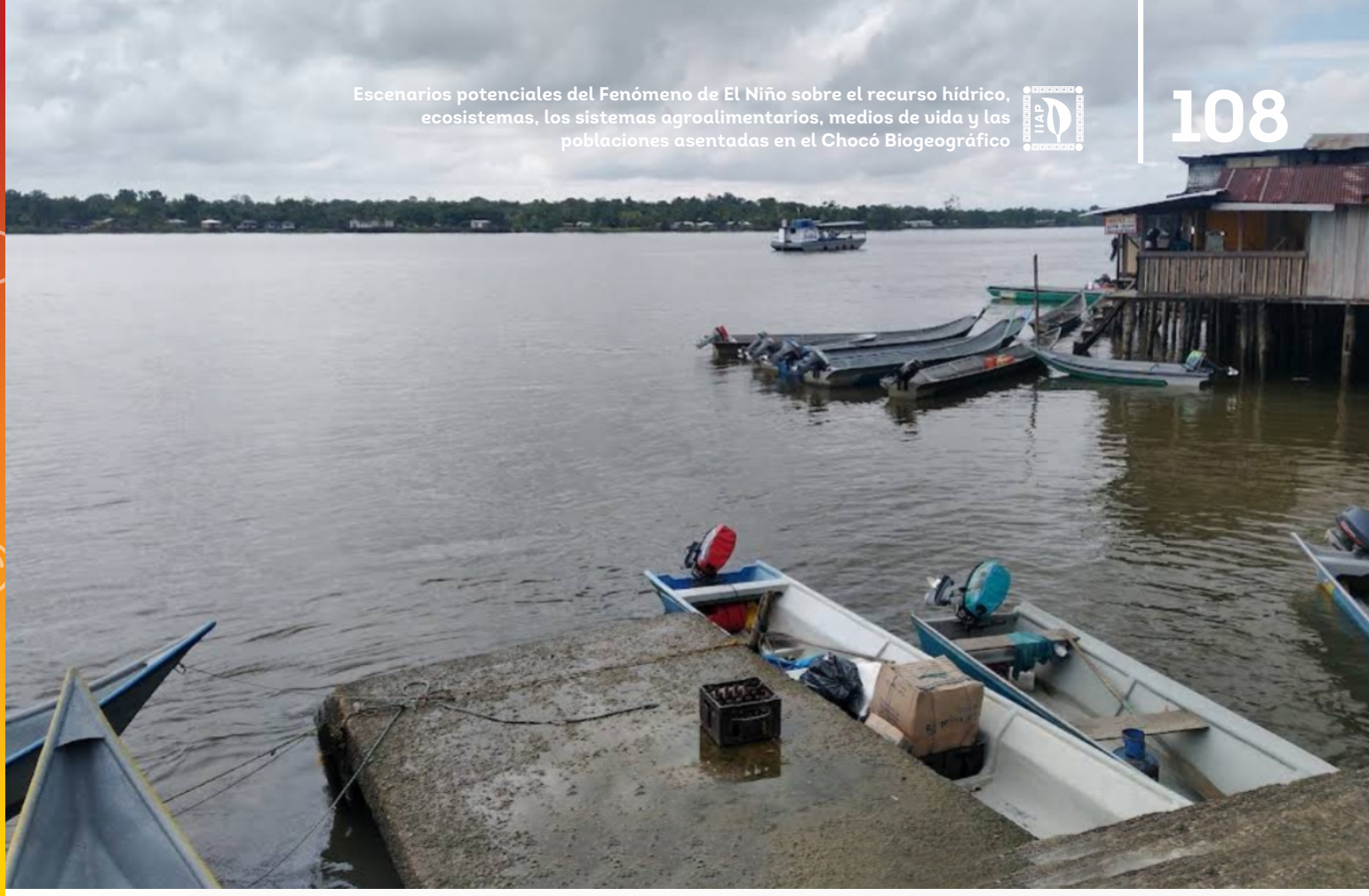
**¿Por qué?** En el régimen Centro opera una paradoja que define la exposición de sus comunidades: es la zona más lluviosa del Chocó Biogeográfico (5.297 mm anuales), pero solo el 26% de Quibdó tiene acueducto convencional (El Tiempo); el resto, y la casi totalidad de los caseríos ribereños, depende del agua lluvia recogida directamente del techo, sin tubería ni reserva comunitaria. Cuando para de llover incluso por cinco días (una pausa que el CDD del Centro muestra como posible en cualquier mes del año) esas familias pueden entrar en déficit hídrico antes

de que vuelva a llover. A esta vulnerabilidad hídrica se suma la de la vivienda: muchas casas del Atrato medio son palafíticas, una adaptación ancestral que pierde su margen de protección cuando la creciente supera el rango histórico.

## Zona Sur:
### crecientes de gran magnitud y riesgo costero

**Dónde vigilar.** Los ríos Telembí, Ñambí, Guelmambí, Ingusmbí, Naya, Saija, Mira, Patía y Napi, junto con los esteros y manglares del litoral donde desembocan, incluyendo el Parque Nacional Natural Sanquianga (El Charco, La Tola, Olaya Herrera y Mosquera) y los territorios colectivos de los consejos comunitarios del Alto Guapi, Napi, Renacer Negro y Negros Unidos. Los municipios de mayor frecuencia de eventos son López de Micay, Barbacoas, Timbiquí, Tumaco, Magüí Payán, Roberto Payán y Guapi.

**Qué puede ocurrir.** La zona Sur concentra las afectaciones de mayor magnitud individual de todo el Chocó Biogeográfico. En mayo de 2024, el río Mira dejó 40.100 personas afectadas en Tumaco; en el periodo 2019-2024, López de Micay acumuló cerca de 24.000 personas afectadas, Barbacoas cerca de 24.500 y Timbiquí más de 14.000. Estos eventos incluyen pérdida total de cultivos de pancoger, enseres domésticos y aves de corral, e interrupción de la única vía de transporte disponible. A este riesgo fluvial se añade uno costero que el registro empieza a mostrar: en enero de 2024, Olaya Herrera registró erosión costera con 381 personas afectadas. El IDEAM documentó que durante El Niño 1997-1998 el nivel del mar subió entre 20 y 40 centímetros en Tumaco y Buenaventura; ante un evento proyectado como "muy fuerte", ese precedente convierte la erosión costera en una señal que merece seguimiento a lo largo de todo el litoral del Pacífico sur.



**Cuando.** Se identifican tres ventanas de mayor probabilidad: enero-febrero, mayo, y noviembre-diciembre. A diferencia de la zona Centro –donde la vigilancia debe ser continua todo el año–, en la zona Sur es posible orientar los protocolos de alerta hacia estas tres ventanas estacionales, sin descuidar el resto del año.

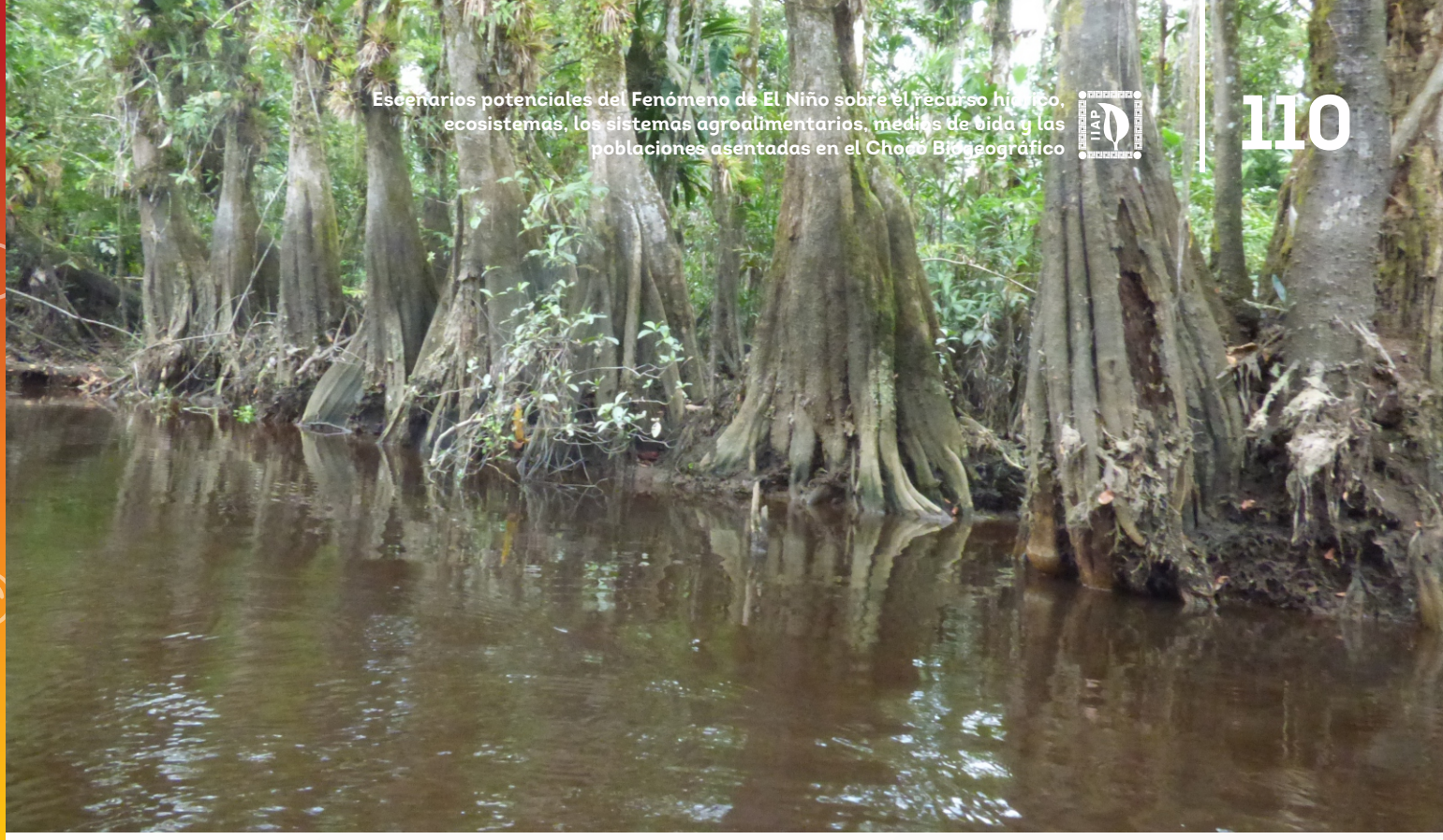
**Por qué?** Estos municipios son en su gran mayoría territorios colectivos de consejos comunitarios afrodescendientes donde el río cumple tres funciones simultáneas que en otras regiones están separadas: fuente de alimento (pesca), vía de transporte y, en los eventos extremos, origen de la pérdida total. El río es el medio de comunicación de las poblaciones sin necesidad de salir al mar, como señala Razón Pública respecto a Guapi, en municipios donde la población es mayoritariamente afrodescendiente. Una sola creciente puede destruir la vivienda, arrasar el cultivo y dejar a la comunidad sin forma de evacuar. Por eso la recurrencia no reduce el impacto: cada ciclo de reconstrucción parte casi desde cero.

## Síntesis para la gestión 2026 -2027

La siguiente tabla resume los tres corredores como guía rápida de consulta:

| Corredor | Municipios clave | Amenaza dominante | Periodo de mayor probabilidad | Condición estructural de fondo |
|---|---|---|---|---|
| Norte | Bajo Atrato ribereño: Bojayá, Vigía del Fuerte, Riosucio | Inundación y creciente | Todo el año; concentración en junio-agosto y diciembre-febrero | Riosucio combina incendios (primer semestre) e inundaciones (segundo semestre) en el mismo año |
| Norte | Urabá-Darién: Unguía, Carepa, Chigorodó, Apartadó, Arboletes, Turbo | Incendio de cobertura vegetal y desabastecimiento | Enero-abril | CDD máximo regional (108 días en Unguía, 2016); hábitat del manatí antillano en DRMI Lago Azul-Los Manatíes |
| Centro | Atrato-San Juan-Baudó: Medio Atrato, Lloró, Quibdó, El Litoral del San Juan, Medio y Alto Baudó | Inundación y creciente súbita; escasez de agua en pausas secas | Todo el año; énfasis en enero-febrero, mayo-junio y noviembre-diciembre | Sin acueducto en la mayoría de los caseríos; vivienda palafítica; cuenca bajo Sentencia T-622 de 2016 |
| Sur | López de Micay, Barbacoas, Timbiquí, Tumaco, Magüí Payán, Roberto Payán, Guapi | Creciente súbita de gran magnitud; riesgo costero | Enero-febrero, mayo, noviembre-diciembre | El río como única vía de transporte, fuente de pesca y eje de vivienda en territorios colectivos afrodescendientes |

Es importante señalar una limitación metodológica: las cifras de personas afectadas corresponden a la suma de eventos individuales registrados por UNGRD/DesInventar entre 2014 y 2024, y no necesariamente representan población única afectada. Es posible que un número importante de familias aparezca contabilizado en más de un evento a lo largo de los años. Lejos de debilitar el argumento, esta posibilidad lo refuerza: si las mismas familias enfrentan emergencias similares de manera repetida, la pregunta relevante no es solo cuántas personas se afectan, sino cuántas veces puede una misma familia reconstruir su vida antes de que la recurrencia se convierta en un desplazamiento permanente.



Para apoyar esta vigilancia continua, el IDEAM puso a disposición en junio de 2026 la aplicación móvil "IDEAM en tu Mano", diseñada para facilitar el acceso oportuno a información hidrometeorológica, climática y de alertas en todo el territorio nacional. Su adopción por parte de consejos comunitarios, autoridades municipales y organizaciones de base en las tres zonas podría convertirse en un complemento práctico a los reportes comunitarios que esta guía recomienda, especialmente en zonas donde la conectividad limita el acceso a otros canales oficiales.

En conjunto, esta guía permite pasar de una alerta climática general ("viene El Niño, prepárese") a una vigilancia territorial diferenciada, donde cada zona hidroclimática sabe qué observar, cuándo intensificar la atención, y por qué su exposición no comienza ni termina con un solo evento. El Chocó Biogeográfico debe prepararse con vigilancia activa y sostenida, no con alarma estacional: la información climática solo cumple su función cuando se traduce en preguntas concretas de gestión para cada territorio.



# CAPÍTULO 2.

# ANÁLISIS DE EFECTOS POTENCIALES DERIVADOS DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN LOS SISTEMAS HÍDRICOS DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

Con el propósito de establecer una alerta técnica sobre los posibles impactos del próximo evento El Niño (“súper Niño”) en los sistemas hídricos del Chocó Biogeográfico, a partir del análisis de los cambios esperados en caudales y calidad del agua, así como sus efectos fisicoquímicos e hidrobiológicos y las implicaciones sobre las dinámicas socioproductivas. En términos de continuidad hídrica, el Norte y el Sur concentran las pausas secas más prolongadas, afectando especialmente ríos de menor orden, quebradas urbanas, ciénagas, humedales y sistemas de abastecimiento local, mientras que el Centro mantiene mayor persistencia de lluvia aún bajo condiciones Niño. Este comportamiento implica que el riesgo para la calidad del agua se concentra en corredores donde la reducción relativa de precipitación coincide con altas cargas contaminantes y p

## 2.1. Condiciones y señales históricas de la calidad de agua en la región

La información de calidad del agua y cargas contaminantes reunida para años con presencia de El Niño muestra que la región ya ha experimentado condiciones de sensibilidad fisicoquímica e resiones antrópicas previas.

hidrobiológica en distintos tipos de ambientes, lo cual constituye la base para entender no solo cómo se han comportado, sino que también permite proyectar el comportamiento de los diferentes sistemas hídricos en las zonas norte, centro y sur de la región frente a la ocurrencia de este fenómeno. Es así como los datos registrados para fuentes hídricas bajo presión minera como por ejemplo el río Quito, muestran turbiedades muy altas, sólidos suspendidos elevados, pH levemente ácido a neutro y variaciones en oxígeno disuelto que evidencian presión sobre la calidad del agua en un sistema fluvial altamente intervenido y sensible a cambios de caudal y arrastre de sedimentos. En este sistema entre agosto y septiembre de 2016, se registraron turbiedades del orden de 361 a 365 FAU, sólidos suspendidos de 359 a 369 mg/L y caudales cercanos a 7,7–8 m3/s, lo que coincidió con rachas secas de hasta 4 días en la zona, mostrando una posible incidencia de la reducción de la precipitación en el aumento de la concentración de estas variables debido a una menor capacidad de dilución asociada al descenso en el caudal. Teniendo en cuanta que estas rachas son relativamente cortas, se puede inferir que aun con disponibilidad hídrica este sistema mantiene una fuerte carga de sedimentos y una calidad comprometida. Bajo un escenario de El Niño, una reducción de caudal puede disminuir la capacidad de dilución, aumentar tiempos de residencia de contaminantes y hacer más visibles los efectos de aportes mineros, domésticos o erosivos sobre el sistema, efectos que se esperan en las fuentes hídricas de los seis mosaicos mineros distribuidos en cuatro de los siete departamentos de la región, donde se incluyen i) Mosaico Minero Medio y Alto Atrato (Chocó): Bagadó, Lloró, Atrato, Cértegui, Cantón de San Pablo, Quibdó, Río Quito, Medio Atrato y Unión Panamericana; ii) Mosaico Minero Medio y Alto San Juan (Chocó): Condoto, Istmina, Medio San Juan, Nóvita, Río Iró, y Tadó; iii) Mosaico Minero Dagua - Buenaventura (Valle del Cauca): Buenaventura y Dagua; iv) Mosaico Minero Pacífico Caucano (Cauca): Guapi, López de Micay y Timbiquí; v) Mosaico Minero de

Telembí (Nariño): Barbacoas, Magüí, Ricaurte, Roberto Payán y en San Andrés de Tumaco; y finalmente vi) Mosaico Minero de Sanquianga (Nariño): El Charco y Santa Bárbara.

Por su parte, en sectores costeros distribuidos en las tres zonas de la región y que incluyen sistemas estuarinos como el de Nuquí, Waffe, Buenaventura y Tumaco, los registros muestran alta conductividad y salinidad, sólidos suspendidos y disueltos elevados, fosfatos en rangos de 1–2,5 mg/l, y cargas microbiológicas muy altas ($10^2$–10 NMP/100 ml), junto con comunidades fitoplanctónicas y de macroalgas dominadas por diatomeas oportunistas, dinoflagelados y cianobacterias. En estas zonas costeras el IIAP ha documentado también aumentos de DQO, clorofila a y coliformes durante períodos secos, indicando un riesgo potencial de intensificación de procesos de eutrofización y pérdida de calidad del agua en condiciones Niño. Estos datos, muestran un comportamiento complejo, donde la calidad del agua depende no solo del aporte continental, sino también de la influencia del mar, la salinidad y la concentración de descargas. En distintos muestreos se observan oscilaciones fuertes de conductividad, salinidad, sólidos disueltos, coliformes, grasas y aceites, hierro, fósforo y turbiedad, lo que confirma una alta sensibilidad a cambios de descarga fluvial y de renovación hídrica.

En general, los datos microbiológicos y de nutrientes refuerzan esa alerta. En estos ambientes se reportan coliformes fecales y totales muy elevados, además de concentraciones de fosfatos y grasas y aceites que indican presión antrópica relevante. En un escenario de menor caudal o de menor renovación de agua, estas cargas pueden concentrarse más; y pueden movilizarse con mayor fuerza hacia bocanas, bahías, esteros y zonas de pesca, lo que sugiere riesgo en el incremento de la concentración de contaminantes en zonas costeras y estuarinas importantes como



Bahía Solano, Acandí, Nuquí, Buenaventura, Tumaco, Guapi, Waffe en Turbo, Acandí, Pizarro y Juradó

Por otra parte, las investigaciones realizadas por el IIAP (2025) para evaluar las cargas contaminantes permitieron identificar que las principales presiones sobre los ecosistemas acuáticos de la región provienen de los vertimientos domésticos, las actividades agropecuarias, la explotación minera, la agroindustria de palma de aceite, el aprovechamiento forestal y las deficiencias estructurales en los sistemas de saneamiento básico, haciendo que las fuentes hídricas urbanas de las zonas norte, centro y sur presenten mayor vulnerabilidad frente a procesos de contaminación, dada la recepción continua de estas descargas. Los análisis realizados en los ríos de la zona sur como Mira, Caunapí y Pianulpi y la quebrada Patía en Tumaco, el río Guapi en el municipio de Guapi; las quebradas Chanflana y

Chanflanita en Buenaventura, así como sistemas hídricos de la zona norte como el río Muerto, Acandí y Arquití y la quebrada la Carolina en el municipio de Acandí; y fuentes hídricas de la zona centro como los afluentes urbanos del Atrato (Quito, Cabí, Caraño, Yesca), evidencian la presencia de fuentes continuas de contaminación asociadas al crecimiento urbano, la disposición inadecuada de residuos y el desarrollo de actividades productivas con limitados controles ambientales.

En este contexto, la magnitud de las cargas domésticas estimadas oscila entre 1.078,2 y 481,1 kg/día de $DBO_5$ y SST y concentraciones microbiológicas de $1{,}92 \times 10^1$ y $4{,}31 \times 10^1$ NMP de coliformes totales, presentando los mayores valores en las zonas centro y sur de la región y en algunos puntos específicos de la zona norte como el Waffe y los ríos Acandí y Arquití. Estas cargas generan impactos en la calidad del agua de los sistemas evaluados y constituyen un elemento clave en el análisis de su vulnerabilidad durante eventos climáticos como el Niño.

Los monitoreos efectuados en sistemas hídricos urbanos a lo largo de las tres zonas de la región evidencian en años asociados a este fenómeno, concentraciones recurrentes de sólidos suspendidos, turbidez, fosfatos, nitritos, grasas y aceites por encima de los valores de referencia para conservación de biota acuática, con registros de oxígeno disuelto cercano al umbral mínimo (5–6 mg/l) en varios tramos urbanos y con influencia minera.

Los índices de calidad de agua (ICA) e indicadores tróficos sitúan estos sistemas principalmente en estados eutróficos o hipereutróficos, acompañados de densidades elevadas de coliformes fecales y totales, lo que refleja presiones combinadas de vertimientos domésticos, descargas mineras y aportes difusos urbanos.

## 2.2. Efectos esperados sobre caudales y calidad del agua

En una región altamente lluviosa como el Chocó Biogeográfico, el Fenómeno El Niño tiene un efecto en la dinámica hídrica, que se manifiesta en cambios en el nivel de agua de los sistemas, así como en la conectividad y la forma en que asimilan la carga contaminante. De maneta general, durante este fenómeno, la reducción de la precipitación y el aumento de las rachas de días secos tienen una influencia en la reducción del caudal de los ríos, quebradas y humedales, haciendo que se disminuya la recarga y se interrumpa con más frecuencia la conexión entre los cauces principales y sus cuerpos de agua asociados.

Como consecuencia de una menor cantidad de agua circulando, se reduce la capacidad natural de los sistemas hídricos para diluir y arrastrar los contaminantes que reciben, lo que se traduce en un deterioro de la calidad del agua, asociado a un aumenta la temperatura, incremento los sólidos en suspensión, nutrientes, y reducción de parámetros como el oxígeno disuelto que son determinantes para la dinámica ecológica y la conservación de la biota acuática, conllevando a una afectación de procesos socioeconómicos y culturales que dependen del estado integral de las fuentes hídricas como socioecosistemas.

De ahí la importancia de analizar los potenciales efectos del fenómeno entendiendo el comportamiento normal y particular de las condiciones climáticas por zona, ya que permite entender las implicaciones socioambientales. La literatura nacional e institucional coincide en que durante El Niño pueden aumentar las temperaturas máximas, la evaporación y la evapotranspiración, lo que incrementa el estrés hídrico y favorece escenarios de sequía y desabastecimiento.

A esto se suma que los déficits de precipitación no siempre producen ausencia total de agua, pero sí reducen la recarga, la regulación natural y la continuidad de la oferta hídrica, especialmente en quebradas, humedales, sistemas de abastecimiento local y cuencas pequeñas (DNP, 1997; UNGRD & MADS, 2023).

## Cambios esperados en los niveles de agua, continuidad hídrica, calidad fisicoquímica y ecológica de los sistemas

En términos generales, el principal efecto esperado del Fenómeno El Niño sobre los sistemas hídricos de la región es la alteración del comportamiento del agua a lo largo del tiempo. En algunas zonas, como el centro, esto puede reflejarse en menos lluvia de lo normal o en lluvias concentradas en pocos eventos; mientras que, en zonas como el norte y el sur, se puede expresar principalmente en rachas secas más largas, lo que generará efectos en el nivel o cantidad de agua disponible y por consiguiente en la continuidad hídrica y la calidad del recurso para los diferentes usos. Aunque los grandes ríos de la región pueden mantener su caudal, los tributarios menores, humedales, caños, quebradas y esteros serán mucho más sensibles a estos cambios. No obstante, de manera general se puede inferir que una reducción en la precipitación, disminuirá las recargas sobre los distintos sistemas hídricos, lo cual tendrá un efecto directo sobre la conectividad entre ellos, es decir que aunque continúen albergando volúmenes de agua tendrán menor capacidad de renovación y de diluir contaminantes, lo que favorecerá el aumento de la temperatura superficial, la concentración de sólidos y nutrientes, la persistencia de turbidez, malo olores, patógenos y cambios en la disponibilidad de oxígeno disuelto, sobre todo en puntos que ya vienen afectados por descargas domésticas, minería, erosión o actividades productivas.

En contraste, cuando en el marco del fenómeno del Niño se presentan lluvias muy concentradas o persistentes, la calidad del agua también puede deteriorarse por el aumento de la turbiedad, los sólidos suspendidos y el arrastre de materiales desde laderas, zonas urbanas o áreas intervenidas.

Estos cambios de cantidad, conectividad y fisicoquímicos en el agua se reflejan en el funcionamiento ecológico de las fuentes hídricas como ecosistemas que albergan vida, alterando la composición y diversidad de grupos biológicos indicadores como los macroinvertebrados y las algas, lo que se traduce en perdida de la estructura trófica que garantiza no solo la conservación de la biodiversidad hídrica sino también la disponibilidad de servicios ofertados a las comunidades. En este contexto, los datos históricos de macroinvertebrados en sistemas urbanos tanto de las zonas norte, centro y sur de la región, muestran comunidades de baja diversidad, dominadas por familias tolerantes (Chironomidae, Tubificidae, algunas Glossiphoniidae y gasterópodos oportunistas), con índices BMWP/Col que clasifican la calidad desde “muy crítica” hasta “dudosa” en varios años Niño. Este patrón indica que los ensamblajes ya operan cerca de sus límites de tolerancia frente a los gradientes de turbidez, materia orgánica y nutrientes. La combinación de mayor concentración de contaminantes y pausas secas prolongadas durante un “súper Niño” en 2026, indica que se esperan escenarios potenciales con pérdida de grupos sensibles y reducción adicional de las comunidades bentónicas, intensificación de estados eutróficos/hipereutróficos, con proliferación de algas oportunistas y cianobacterias en ríos y estuarios y mayor susceptibilidad a episodios de mortalidad de fauna acuática en tramos con baja renovación y alto consumo de oxígeno.

Pese a que las tres zonas de la región presentan similitudes en las presiones antrópicas sobre los sistemas hídricos, debido a que

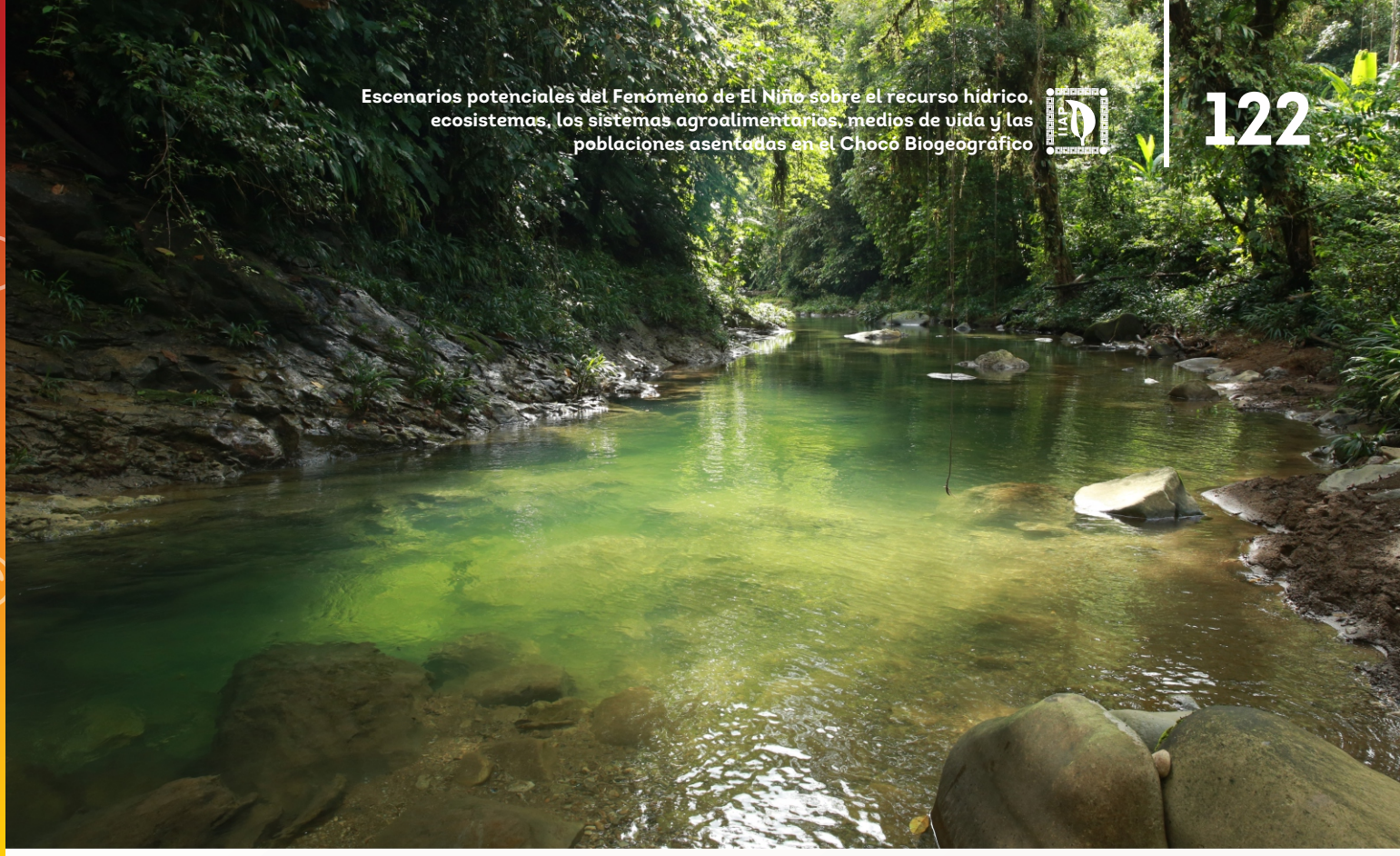
hay algunos patrones productivos que se repiten a lo largo de la región como la minería y las condiciones comunes en el déficit de saneamiento básico lo que constituye el principal factor determinante del estado y la conservación de los cuerpos de agua, tanto a nivel fisicoquímico como ecológico la respuesta esperada frente al fenómeno del Niño será diferencial en las tres zonas, dependiendo del comportamiento de la precipitación proyectada para cada una, así como también de las características hidrológicas los sistemas hídricos, la distribución y el arreglo de actividades antrópicas predominantes, lo que generará diferentes escenarios que se describen a continuación:

## Zona Norte

En esta zona que incluye 29 municipios distribuidos en los departamentos de Antioquia (16), Chocó (11) y Córdoba (2), abarcando centros poblados como Apartadó, Carepa, Mutatá, Necoclí, Turbo, Vigía Del Fuerte, Acandí, Bojayá, Juradó, Medio Atrato, Quibdó, Riosucio, Unguía, Tierralta y Valencia, el efecto esperado más importante del super Niño sobre los sistemas hídricos está relacionado con la disminución de la continuidad del agua y la reducción del aporte en fuentes de menor tamaño. Es así como en esta zona, se espera la reducción progresiva de caudal tanto en grandes ríos como Andagueda, León, Sinú, Munguidó, Bebará, Bebaramá, Neguá entre otros y sus tributarios menores, drenajes secundarios y cuerpos de agua conectados lateralmente al sistema principal. Los datos del río Atrato permiten sustentar esta proyección esperada. En la estación de Quibdó, los registros climatológicos 2000–2025 muestran un caudal medio anual aproximado de 1.031 m3/s, pero en 2015 durante el evento El Niño más crítico de la serie reciente, el caudal medio anual descendió hasta 821 m3/s, es decir, una reducción aproximada de -20,4%. Así mismo a comienzos de 2016 también se observaron reducciones marcadas, con caudales mensuales cercanos a 341 m3/s en enero, 348 m3/s en febrero y 437 m3/s en

marzo, todos muy por debajo de la climatología mensual esperada. Esto indica que, bajo un escenario de super Niño, el Atrato puede seguir transportando grandes volúmenes de agua, pero con menor aporte durante varios meses, lo que a su vez repercute directamente en sus tributarios y en la conectividad de los complejos cenagosos y humedales del medio y bajo Atrato que incluyen sistemas de alta importancia socioambiental y productiva como la Grande Beté, Tagachí, Ciénaga de Bellavista, Tumaradó, Perancho y Honda.

Este impacto se incrementa y se evidencia con mayor claridad en fuentes hídricas pequeñas y medianas, como por ejemplo la microcuenca la Yesca, donde se registraron caudales de 2,4; 2,95 y 1,045 m3/s en los puntos evaluados por IIAP (2016), mientras que en la quebrada Caraño los caudales fueron de 2,56; 2,80 y 1,72 m3/s. Estos valores muestran que se trata de sistemas con mucho menor capacidad de amortiguación que el Atrato, por lo que una reducción de lluvia y un aumento de días secos consecutivos pueden traducirse rápidamente en menor profundidad, menor velocidad de recambio y mayor permanencia de contaminantes en el agua. Lo que sugiere comportamientos similares para tributarios intermedios de la zona norte como Beté, Bojayá, Arquía, Murrí, Truandó, Domingodó y Buchadó y Salaquí. En general, en paisajes de planicie aluvial como el Atrato, piedemonte y zonas urbanas del norte, esta pérdida de continuidad hídrica también puede disminuir la conexión entre quebradas, ciénagas y caños laterales, afectando abastecimientos comunitarios, movilidad local y la oferta de hábitat para peces y otros organismos acuáticos. En síntesis, a nivel de caudales, tomando como referencia el evento fuerte de 2015 y los registros de caudal del río Atrato en Quibdó, se estima que, bajo un escenario de super Niño, los caudales medios podrían reducirse en el orden de 20–30% en los ríos principales y alcanzar reducciones puntuales de hasta 30–40% en algunos meses críticos.



En el caso de quebradas y microcuencas urbanas, mineras o de abastecimiento local, una disminución relativa de esta magnitud puede traducirse en descensos rápidos del nivel del agua, pérdida de conectividad y menor capacidad de dilución de contaminantes.

El segundo impacto esperado en la zona norte se relaciona con el aumento relativo de las cargas contaminantes y el deterioro de la calidad del agua, ya que cuando el caudal disminuye, la misma cantidad de contaminación queda disuelta en menos agua, lo que aumenta la concentración de sólidos, nutrientes, bacterias y otros contaminantes, reduce la capacidad de autodepuración natural del sistema y hace más visibles los efectos de vertimientos domésticos, mineros y agroindustriales y costeros. En ese sentido, el fenómeno del Niño no genera un aumento en la cantidad total de contaminación vertida, pero sí aumenta su efecto sobre el ecosistema porque disminuye la capacidad del agua para diluirla y transportarla. De acuerdo con Vargas, L. (2012) las fuentes hídricas presión minera pueden recibir cargas

contaminantes de hasta 500.000kg/día de sólidos por entable, afectando no solo la calidad del agua sino incrementando la sensibilidad frente a cambios de caudal. En ríos como Quito que están sometidos a este disturbio se reportaron en 2016, en estaciones como Guayabalito, la Soledad y la desembocadura al Atrato, turbiedades entre 438 y 468 FAU, sólidos suspendidos entre 448–456 mg/L, pH entre 6,1 y 6,4, oxígeno disuelto entre 5,2 y 6,3 mg/L y caudales entre 7,67 y 8,0 m3/s, lo que evidencia una presión muy alta por sedimentos finos. Bajo un escenario de super Niño, una reducción del caudal en este tipo de afluentes incrementaría dicha carga generando una mayor permanencia de sedimentos, afectando la transparencia del agua y deteriorando la calidad del hábitat acuático, situación que se espera para fuentes hídricas de la zona norte con un panorama minero como Neguá, Bebará, Bebaramá.

En fuentes con presión urbana, el efecto esperado es el aumento de contaminación orgánica y microbiológica debido a una menor dilución. En la zona norte, por ejemplo, en sistemas de bajo flujo de agua las cargas domésticas pueden ser desproporcionadas frente a la capacidad del receptor; en Caño Jaime, en Necoclí, se reporta un caudal de 46,818 m3/día con una carga de 720 kg/día de DBO5, 720 kg/día de sólidos suspendidos, 2,8x1015 NMP de coliformes totales y un ICA de 39,62, clasificado como malo. Este dato es relevante para la zona norte porque evidencia los efectos potenciales de una reducción de la capacidad de dilución en quebradas y caños urbanos del Urabá y del Bajo Atrato durante El Niño, lo que en consecuencia podría incrementar la turbidez, los niveles de contaminación orgánica, eutrofización y riesgo sanitario en fuentes utilizadas por las comunidades como Yesca, Caraño, Cabí, Arquití, Acandí, Apartadó.

En la zona costera del norte, el comportamiento esperado durante el fenómeno climático combina una menor descarga de

agua dulce, cambios de salinidad y deterioro microbiológico en bahías, esteros y bocanas. Los datos de Waffe, en Turbo, muestran una situación especialmente sensible. En 2015 se reportaron temperaturas entre 30,1 y 32,2 °C, oxígeno disuelto desde 1,5 hasta 9,4 mg/L, turbiedad entre 18 y 1000 FAU, sólidos suspendidos entre 16 y 750 mg/L, fosfatos entre 0,37 y 2,5 mg/L, hierro hasta 49,71 mg/L, coliformes totales entre 490 y 920.000 NMP y coliformes fecales entre 1,8 y 540.000 NMP. En 2023, también en Waffe, se registraron valores muy bajos de oxígeno disuelto (desde 0,52 hasta 6,49 mg/l, saturaciones de apenas 7,1% a 91,5%), turbiedad de 8 a 129 FAU y coliformes fecales de hasta 1.600 NMP/100 ml. Esta tendencia demuestra que en ambientes costeros, una menor descarga continental durante El Niño puede favorecer la concentración de contaminantes, alterar el equilibrio salino y agravar el estrés para peces, crustáceos y organismos estuarinos, lo que constituye una alerta para los sistemas costeros de la zona norte como Juradó, Acandí, Necoclí y Bahía Solano.

Desde el punto de vista de calidad fisicoquímica, los efectos esperados en la zona norte son claros y dependen del tipo de fuente hídrica y sus dinámicas de intervención, como se describió anteriormente mostrando que los sistemas mineros, urbanos y costeros ya presionados, responderán a la reducción del nivel de agua con cambios en el pH, disminución del oxígeno disuelto, aumento de fosfatos, persistencia de coliformes, incremento de olores y pérdida de condiciones adecuadas para el uso doméstico y ecológico del agua. De acuerdo con ello, la respuesta hidrobiológica esperada en la zona norte también es clara. Los primeros organismos en responder serían los peces, macroinvertebrados, plancton y otros componentes sensibles a cambios en oxígeno, temperatura, turbiedad, sedimentos y conectividad del hábitat. Por ejemplo, en los afluentes del Atrato analizados se ha registrado una comunidad de

macroinvertebrados dominada por grupos tolerantes o de amplia adaptación, entre ellos Chironomus, Brachymetra, Tubifex, Glossiphoniidae y otros taxones que suelen persistir en condiciones de presión ambiental. Este arreglo taxonómico sugiere que varios de estos sistemas ya muestran señales de alteración y que una nueva reducción del caudal, sumada a alta turbiedad y contaminación, puede profundizar la pérdida de hábitat y favorecer organismos tolerantes sobre especies más sensibles. Así mismo en las zonas costeras del norte, los datos también muestran señales de riesgo biológico, siendo el Waffe uno de los puntos más críticos con registros de floraciones algales nocivas y una dominancia sostenida de algas indicadoras de contaminación como euglenofitas y cianobacterias, mostrando condiciones de estrés que pueden agravarse con la esperada reducción en la descarga fluvial durante El Niño, lo que puede generar condiciones adversas para la biota acuática, la calidad sanitaria del agua y comprometer usos pesqueros y recreativos de este tipo de ambientes donde se incluyen puntos clave como Juradó, Pizarro, Acandí y Bahía Solano.

En síntesis, para la zona norte El Niño podría tener una incidencia en la reducción del aporte hídrico en tributarios, ciénagas, humedales, quebradas y caños, más que un secamiento completo de los grandes ríos. Sobre esa base, el segundo efecto esperado es el aumento de la concentración de cargas contaminantes y el deterioro de la calidad del agua, con efectos distintos según el tipo de fuente: más sedimentos y turbiedad en sistemas mineros; más presión orgánica y microbiológica en caños y quebradas con influencia urbana y cambios de salinidad, bacterias y oxígeno en esteros, bahías y zonas costeras. Finalmente, estos cambios pueden traducirse en estrés hidrobiológico, pérdida de conectividad ecológica, mayor riesgo para la pesca, deterioro del agua para uso comunitario y presión sobre las dinámicas socioeconómicas de las comunidades.



# Zona Centro

La Zona Centro del Chocó Biogeográfico, conformada por municipios de Chocó, Risaralda y Valle del Cauca, registra las mayores precipitaciones de toda la región, con un promedio cercano a los 5.297 mm anuales. Sin embargo, esta elevada disponibilidad hídrica no implica ausencia de vulnerabilidad frente al Fenómeno de El Niño. El análisis histórico evidencia que, aunque esta zona presenta rachas secas más cortas y una mayor persistencia de días lluviosos en comparación con las zonas norte y sur, durante eventos intensos se han registrado reducciones significativas de la precipitación respecto a las condiciones climatológicas normales. En estos territorios, el impacto no se manifiesta como una sequía extrema, sino como una disminución relativa de las lluvias y una alteración de la continuidad hídrica que sustenta el funcionamiento de humedales, quebradas, esteros y sistemas fluviales. Esta condición es particularmente relevante en municipios como Atrato, Río Quito, Istmina, Condoto, Medio San Juan, Tadó, Nuquí en el departamento del Chocó, y Buenaventura en el departamento del Valle del Cauca,

donde la disponibilidad de agua y la dinámica ecológica dependen estrechamente de la persistencia de las precipitaciones a lo largo del año. Los registros históricos muestran que durante el evento El Niño 2014–2016 se presentaron algunos de los mayores déficits de precipitación observados en la región. Particularmente, el año 2015 constituyó la fase más crítica, con reducciones acumuladas superiores a los 1.100 mm respecto a la climatología de referencia, mientras que durante el evento reciente de 2023 se registró un déficit cercano a los 545 mm. Estos antecedentes confirman que el principal riesgo para la Zona Centro no corresponde a la ocurrencia de una sequía absoluta, sino a la disminución de la frecuencia y continuidad de las lluvias, condición que puede afectar la conectividad hídrica, la dinámica de las planicies inundables del Atrato medio y de sus principales tributarios, especialmente las asociadas a los ríos Quito, Munguidó y demás drenajes que conforman el sistema de humedales y bosques inundables de la cuenca media del Atrato. En consecuencia, la alta pluviosidad característica de la zona centro no debe interpretarse como un factor de inmunidad frente a los efectos del Fenómeno de El Niño, sino como un sistema cuya estabilidad depende precisamente de la permanencia y regularidad de sus aportes hídricos.

Aunque esta Zona mantiene altos niveles de precipitación durante todo el año, las reducciones en la frecuencia de las lluvias asociadas al Fenómeno de El Niño pueden afectar la dinámica natural de humedales, quebradas, planicies inundables y otros ecosistemas acuáticos. Los grandes ríos de la región, como el Atrato y el San Juan, suelen conservar caudales importantes debido al tamaño de sus cuencas y a las elevadas lluvias que los caracterizan; sin embargo, los afluentes menores pueden presentar disminuciones temporales en sus niveles y una menor capacidad de renovación del agua. Los registros históricos del río Atrato, como se evidenció en la zona norte, muestran que los

efectos de El Niño sí se reflejan en los caudales, aunque no siempre con la misma intensidad. Los registros históricos indican que el río Atrato presenta un caudal medio aproximado de 1.031 $m^3/s$, valor que refleja la enorme capacidad hídrica de esta cuenca. No obstante, los análisis realizados durante eventos de El Niño muestran que las reducciones de precipitación pueden generar descensos importantes en el caudal del río, afectando principalmente la conectividad hídrica con humedales, ciénagas y planicies inundables asociadas a su cauce. Aunque es poco probable que el Atrato experimente condiciones de escasez extrema de agua, un nuevo episodio de El Niño podría disminuir temporalmente sus niveles y reducir la capacidad de renovación hídrica de ecosistemas estratégicos. En consecuencia, el principal riesgo para la cuenca no radica en la desaparición del flujo del río, sino en la alteración de los procesos ecológicos que dependen de la continuidad y regularidad de los aportes hídricos a lo largo del año.

El río San Juan constituye uno de los sistemas fluviales más importantes y caudalosos de la vertiente Pacífica colombiana, con un caudal medio aproximado de 1.300 $m^3/s$ a escala de cuenca (Rojas y García, 2015). A nivel local, los registros históricos de la estación hidrológica Istmina (IDEAM), analizados por CODECHOCÓ (2025) para el periodo 2000-2023, reportan un caudal promedio de 367,4 $m^3/s$, un caudal base de 252,8 $m^3/s$ y un caudal máximo registrado de 903,3 $m^3/s$, evidenciando la alta disponibilidad hídrica que caracteriza este sistema. Por su parte, el río Baudó registra caudales medios anuales entre 788 y 1.023 $m^3/s$ (Restrepo, 2006; Velazques y Poveda, 2019), mientras que el río Dagua, en el Valle del Cauca, presenta una condición significativamente diferente, con un caudal medio anual cercano a 29,8 $m^3/s$ y una marcada variabilidad entre años secos y húmedos, pudiendo descender hasta 10,3 $m^3/s$ durante periodos de baja precipitación (CVC, 2022).

Estas diferencias reflejan la mayor capacidad de regulación hidrológica que poseen las grandes cuencas húmedas del Pacífico colombiano, en contraste con sistemas de menor tamaño y disponibilidad hídrica más limitada. En términos de vulnerabilidad frente al Fenómeno de El Niño, se espera que los efectos más notorios se manifiesten en los ríos de menor caudal y menor capacidad de almacenamiento, como el Dagua, donde las reducciones de precipitación pueden traducirse rápidamente en disminuciones significativas de los caudales. En contraste, ríos de gran magnitud como el San Juan y el Atrato cuentan con amplios tributarios, extensos humedales y una elevada oferta hídrica que les permite amortiguar los déficits de lluvia durante periodos moderados. Sin embargo, la experiencia histórica del río Atrato demuestra que eventos intensos y prolongados de El Niño también pueden generar reducciones importantes en los caudales de los grandes sistemas fluviales. En este sentido, aunque se espera que el San Juan mantenga caudales relativamente altos durante un nuevo episodio de El Niño, podrían presentarse descensos temporales en sus niveles y mayores afectaciones en tributarios menores, humedales y ecosistemas asociados, de manera similar a lo observado históricamente en la cuenca del Atrato.

Estas condiciones pueden intensificarse en territorios sometidos a presiones antrópicas, particularmente aquellas derivadas de actividades mineras, deforestación y expansión urbana. En tales escenarios, la ocurrencia de lluvias intensas después de periodos secos puede generar incrementos abruptos de turbiedad y sólidos suspendidos, mientras que la reducción de los caudales favorece la concentración de contaminantes debido a una menor capacidad de dilución.  Los registros históricos de calidad del agua en las principales fuentes hídricas de esta zona evidencian que la actividad minera ha generado una alteración importante de las características físicas de los cuerpos de agua, siendo el aporte de sólidos y sedimentos el impacto más significativo.

En el río Quito y sus tributarios, en el departamento del Chocó, evaluados durante 2014 y 2016, se registraron valores extremadamente altos de turbiedad, superiores a 1.100 FAU, y concentraciones de sólidos suspendidos de hasta 770 mg/L, particularmente en puntos localizados aguas abajo de zonas de explotación minera. De igual forma, se observaron incrementos considerables en sólidos disueltos totales, alcanzando hasta 424 mg/L en algunas desembocaduras, acompañados de concentraciones elevadas de hierro, fosfatos y otros compuestos asociados a la remoción de sedimentos (IIAP, 2014, 2016). En el río Neguá y sus afluentes, aunque los niveles de afectación fueron menores, se registraron turbiedades entre 20,8 y 121 FAU y concentraciones de sólidos suspendidos entre 22 y 125 mg/L, valores que indican una influencia persistente de actividades antrópicas sobre la calidad del agua. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en otras fuentes intervenidas por minería en la región como el río Raspadura, San Antonio, Calo Chiquito, Planita donde se identificaron concentraciones promedio de 336 mg/L de sólidos suspendidos y 445,9 FAU de turbiedad, con máximos de 750 mg/L y 1.000 FAU, respectivamente, evidenciando una elevada carga sedimentaria y una alta variabilidad espacial asociada a la intensidad de las actividades extractivas. Desde el punto de vista ecológico, Los estudios realizados sobre comunidades de macroinvertebrados en afluentes del Atrato muestran condiciones que oscilan entre categorías críticas y dudosas de calidad ambiental, evidenciando que muchos sistemas ya presentan señales de estrés ecológico.

Adicionalmente, La explotación minera mecanizada requiere un uso intensivo del recurso hídrico, principalmente para las actividades de bombeo, transporte de sedimentos y separación del material mineralizado. De acuerdo con estudios realizados por IIAP (2012, 2015), las motobombas utilizadas presentan consumos diarios que oscilan entre 223.560 y 425.040 galones

por día, operando en promedio 23 horas diarias y bajo condiciones de máxima capacidad. Estos valores evidencian una alta demanda de agua por unidad de operación, especialmente en equipos de mayor capacidad de descarga, lo que puede generar presiones significativas sobre las fuentes hídricas cuando existen múltiples frentes mineros funcionando simultáneamente. En escenarios de disminución de caudales asociados al Fenómeno de El Niño, esta demanda puede incrementar la competencia por el recurso hídrico y acentuar los efectos sobre los ecosistemas acuáticos y las comunidades que dependen de estas fuentes de agua.

Bajo condiciones asociadas al fenómeno de El Niño, el comportamiento de estas fuentes hídricas puede verse aún más comprometido. Los análisis históricos de precipitación muestran que durante eventos fuertes, como el ocurrido entre 2015 y 2016, la región experimentó déficits superiores a 1.100 mm de lluvia, mientras que eventos recientes han presentado reducciones cercanas a 545 mm respecto a las condiciones normales. Aunque los grandes sistemas fluviales de la zona, como el Atrato, mantienen una importante capacidad de regulación hídrica gracias a su extensa cuenca y a su caudal medio histórico cercano a 1.031 $m^3/s$, las quebradas y ríos, tributarios menores, son mucho más sensibles a la disminución de las lluvias. En estos escenarios, la reducción de caudales disminuye la capacidad de dilución, dispersión y transporte natural de los sedimentos aportados por la minería, favoreciendo la acumulación de sólidos suspendidos en la columna de agua y la deposición de sedimentos en el lecho de los ríos. Como resultado, pueden incrementarse la turbiedad, la colmatación de hábitats acuáticos, la reducción de la penetración de luz y la afectación de procesos ecológicos esenciales. Por tanto, el principal efecto del fenómeno de El Niño sobre la calidad del agua en la Zona Centro no se limita a la reducción de la disponibilidad hídrica, sino que se manifiesta en una mayor



concentración relativa de sedimentos y contaminantes asociados a la actividad minera, aumentando la vulnerabilidad de los ecosistemas acuáticos y de las comunidades que dependen de estos recursos.

En relación con la expansión urbana y los aportes contaminantes asociados a las actividades domésticas, los resultados obtenidos en las microcuencas evaluadas del Chocó y Buenaventura evidencian una influencia significativa de la expansión urbana y de los vertimientos domésticos sobre la calidad del agua, manifestada principalmente en el incremento de nutrientes, materia orgánica, sólidos y contaminación microbiológica. En las quebradas Doña Josefa e Higinia en el municipio de Atrato, se registraron concentraciones elevadas de fosfatos de hasta 1,95 mg/L y 2,5 mg/L, respectivamente, mientras que en las comunidades de Catrú, Cedro y Dubasa en el municipio de Alto Baudó, también se observaron valores superiores a 2,5 mg/L, lo que sugiere aportes continuos de aguas residuales domésticas y detergentes. Asimismo, la contaminación microbiológica constituye el principal indicador de deterioro, con concentraciones de coliformes fecales entre 39.043 y 130.000 UFC/100 mL en la quebrada Doña Josefa y valores promedio de 24.314 NMP y máximos de 241.960 NMP en la quebrada Higinia, evidenciando descargas sanitarias directas o indirectas hacia los cuerpos de agua. En las quebradas Chanflana y Chanflanita en Buenaventura, se observó un aumento progresivo de las cargas contaminantes aguas abajo, alcanzando hasta 1,758 kg/día de $DBO_5$, 2,324 kg/día de sólidos suspendidos y 2,747 kg/día de

grasas y aceites, comportamiento característico de sistemas hídricos sometidos a presión urbana. Aunque algunos parámetros fisicoquímicos aún muestran condiciones aptas para la vida acuática debido a la capacidad de dilución de estos ecosistemas tropicales, los indicadores biológicos reflejan con mayor claridad los efectos acumulativos de la contaminación, como se evidencia en las quebradas Chanflana y Chanflanita, cuyos valores BMWP/Col entre 22 y 30 las clasifican como aguas de mala a muy mala calidad ecológica, en contraste con la quebrada Higinia, que presentó condiciones ecológicas más favorables. En conjunto, estos resultados demuestran que los vertimientos domésticos y el crecimiento urbano sin infraestructura adecuada de saneamiento constituyen las principales presiones que afectan la calidad ecológica y sanitaria de las fuentes hídricas evaluadas.

Respecto al comportamiento esperado bajo condiciones asociadas al fenómeno de El Niño, los resultados sugieren una alta vulnerabilidad de estos sistemas hídricos. La reducción de las precipitaciones y de los caudales genera una menor capacidad de dilución de los contaminantes, por lo que se espera un incremento en las concentraciones de nutrientes, grasas y aceites, coliformes fecales y materia orgánica. Asimismo, las mayores temperaturas del agua, que actualmente oscilan entre 26,6 y 30 °C, podrían incrementarse, reduciendo la solubilidad del oxígeno y favoreciendo episodios de hipoxia, especialmente en sitios donde ya se registran valores bajos de oxígeno disuelto, como la quebrada Higinia (0,63 mg/L en la zona alta). Aunque durante eventos de El Niño suele disminuir el aporte de sedimentos por escorrentía, la concentración de contaminantes disueltos aumenta debido al menor volumen de agua disponible. En consecuencia, es previsible una disminución de los valores del ICA y un deterioro adicional de la calidad ecológica, particularmente en los sectores urbanos donde las descargas domésticas constituyen una fuente permanente de contaminación.

Estos efectos serían más notorios en quebradas como Doña Josefa, Chanflana y Chanflanita, donde ya se observan elevadas cargas contaminantes y una fuerte influencia de las actividades humanas sobre la calidad del recurso hídrico.

En conclusión, aunque la Zona Centro del Chocó Biogeográfico se caracteriza por una elevada oferta hídrica y por la presencia de grandes sistemas fluviales como los ríos Atrato y San Juan, los antecedentes históricos indican que durante eventos intensos del Fenómeno de El Niño pueden registrarse déficits de precipitación superiores a 1.100 mm, generando reducciones significativas en los caudales, especialmente en quebradas, tributarios menores, humedales y planicies inundables. Bajo estas condiciones, se espera una disminución de la capacidad de dilución y autodepuración de las fuentes hídricas, favoreciendo el incremento de las concentraciones de nutrientes, materia orgánica, coliformes fecales, grasas y aceites, así como una mayor acumulación de sedimentos y contaminantes asociados a actividades mineras y urbanas. Este comportamiento podría traducirse en una reducción de los niveles de oxígeno disuelto, un deterioro de los índices de calidad del agua y una mayor afectación de las comunidades biológicas acuáticas. En consecuencia, el principal riesgo asociado al Fenómeno de El Niño en la Zona Centro no corresponde únicamente a una menor disponibilidad de agua, sino al agravamiento de los problemas de calidad hídrica ya existentes, particularmente en ecosistemas sometidos a presiones por minería, deforestación, expansión urbana y vertimientos domésticos, donde la disminución de los caudales incrementa la vulnerabilidad ecológica y sanitaria de las fuentes de agua y de las poblaciones que dependen de ellas.



## Zona Sur

La Zona Sur del Chocó Biogeográfico comprende territorios de los departamentos de Cauca y Nariño, incluyendo los municipios de Argelia, El Tambo, Guapi, López de Micay y Timbiquí en Cauca; y Barbacoas, Cumbal, Cumbitara, El Charco, El Rosario, Francisco Pizarro, La Llanada, La Tola, Leiva, Los Andes, Magüí Payán, Mallama, Mosquera, Olaya Herrera, Policarpa, Ricaurte, Roberto Payán, Samaniego, San Andrés de Tumaco, Santa Bárbara, Santacruz y Sapuyes en Nariño. Esta zona integra áreas estratégicas asociadas al complejo Gorgona-Sanquianga, los Mosaicos del Pacífico Sur y diversos mosaicos mineros y productivos, caracterizándose por una marcada heterogeneidad hidroclimática derivada de la interacción entre ecosistemas costeros, estuarinos, fluviales, fluviolacustres y de piedemonte.

El análisis regional evidencia que esta subregión comparte con la Zona Norte una alta variabilidad en la duración de las rachas secas y en la persistencia de los eventos de lluvia, lo que la convierte en un territorio particularmente sensible a alteraciones en la continuidad hídrica. En este contexto, los efectos potenciales del Fenómeno de El Niño pueden manifestarse de manera significativa en la dinámica entre las aguas continentales y marinas, ya que la disminución de los aportes fluviales favorece cambios en la salinidad de estuarios y manglares, modifica los gradientes fisicoquímicos y puede alterar la distribución y abundancia de especies acuáticas. Por otro lado, cuando las precipitaciones se concentran en eventos intensos, se incrementa el arrastre de sedimentos, la turbiedad y el transporte de contaminantes hacia bahías, bocanas y zonas de importancia pesquera (DNP, 1997). Este comportamiento indica que los efectos del Fenómeno de El Niño en la zona sur no se limitan a una reducción de las lluvias, sino que generan una mayor inestabilidad en los sistemas hídricos y ecológicos.

Los registros hidrológicos disponibles para la Zona Sur del Chocó Biogeográfico evidencian marcadas diferencias entre los grandes sistemas fluviales de origen andino y las cuencas costeras del Pacífico. Los ríos Mira y Patía presentan los mayores caudales medios reportados, con valores de 868,1 $m^3/s$ y 305,3 $m^3/s$, respectivamente, mientras que en las cuencas costeras se registran caudales promedio de 606 $m^3/s$ en el río Micay, 417 $m^3/s$ en el río Naya, 357 $m^3/s$ en los sistemas Guapi-Guajuí, 166 $m^3/s$ en el río Saija y 147 $m^3/s$ en el sistema Timbiquí-Bubuey. Los antecedentes históricos asociados a eventos El Niño muestran que las reducciones de precipitación pueden generar disminuciones importantes en la oferta hídrica regional, especialmente en sistemas de menor tamaño y capacidad de almacenamiento. Durante eventos intensos, como el ocurrido entre 2014 y 2016, se registraron déficits significativos de lluvia

que afectaron la continuidad de los aportes hídricos y la dinámica natural de estos ecosistemas. Aunque cuencas de gran magnitud como las de los ríos Mira, Patía, Micay y Naya poseen una mayor capacidad de regulación frente a periodos secos, los tributarios menores, estuarios, humedales y cuerpos de agua asociados responden con mayor rapidez a las disminuciones de precipitación.

Con base en este comportamiento histórico, ante un eventual desarrollo del Fenómeno de El Niño durante el presente año se esperaría una reducción gradual de los caudales, particularmente en los sistemas costeros de menor magnitud, como el Saija y el Timbiquí–Bubuey, así como en quebradas y afluentes secundarios cuya dinámica depende estrechamente de la persistencia de las lluvias. En los grandes sistemas fluviales, como el Mira, Patía, Micay y Naya, es probable que los caudales se mantengan relativamente altos debido a la extensión de sus cuencas; sin embargo, podrían presentarse descensos temporales en los niveles de agua y una menor conectividad con humedales, esteros y planicies inundables. En consecuencia, más que una situación de escasez extrema, el principal efecto esperado corresponde a una disminución de la capacidad de renovación y dilución de los cuerpos de agua, favoreciendo una mayor concentración de sedimentos, nutrientes y contaminantes. Esta condición podría intensificar los procesos de deterioro de la calidad del agua, alterar la estructura de las comunidades hidrobiológicas y aumentar la vulnerabilidad de ecosistemas estratégicos como manglares, estuarios y humedales costeros, especialmente en territorios donde confluyen presiones asociadas a actividades mineras, expansión urbana y vertimientos domésticos.

En términos de calidad ecológica, los registros obtenidos en ecosistemas costeros, estuarinos y fluviales del sur del Chocó Biogeográfico evidencian alteraciones en parámetros

fisicoquímicos, microbiológicos y ecológicos, asociadas a aportes de nutrientes, materia orgánica, sólidos suspendidos y contaminación microbiológica. Bajo condiciones asociadas al Fenómeno de El Niño, estas presiones podrían intensificarse debido a la disminución de los caudales y de la capacidad de dilución de los cuerpos de agua, favoreciendo una mayor concentración de contaminantes y un deterioro de la calidad ecológica (MADS, 2010). En este contexto, los monitoreos realizados por el IIAP durante los últimos doce años en los departamentos de Cauca y Nariño evidencian que varios sistemas hídricos presentan condiciones de vulnerabilidad ambiental que podrían agravarse ante eventos de variabilidad climática. Con base en lo anterior, el índice BMWP/Col clasificó los ríos Guajuí y la parte baja del río Timbiquí como aguas moderadamente contaminadas, indicando ecosistemas con signos de alteración asociados a actividades antrópicas y procesos de eutrofización. De manera similar, los ríos Napi y San Francisco fueron clasificados como aguas de calidad dudosa y moderadamente contaminadas, reflejando alteraciones en la composición y estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos. En el departamento de Nariño, los ríos Mira y Pianulpí presentaron las condiciones más desfavorables, con categorías que oscilan entre calidad dudosa y crítica, evidenciando sectores con contaminación severa y una marcada afectación de la integridad ecológica. Estas condiciones son consistentes con los resultados fisicoquímicos observados en la región, donde se registran concentraciones elevadas de fosfatos, sólidos suspendidos y turbiedad, así como altos niveles de contaminación microbiológica. Particularmente preocupante es la situación observada en el sistema Patía, donde se reportaron concentraciones de oxígeno disuelto entre 1,59 y 1,90 mg/L, valores inferiores al umbral mínimo de 4 mg/L recomendado para la protección de la vida acuática, acompañados por concentraciones de $DBO_5$ de hasta 35 mg/L, DQO de hasta 284,8

mg/L, sólidos suspendidos de hasta 120 mg/L y turbiedades superiores a 130 FAU, indicadores de una elevada carga orgánica y una limitada capacidad de autodepuración del sistema. Asimismo, se registraron concentraciones de coliformes fecales y totales superiores a 2.419 NMP/100 mL en sectores de los ríos Mira y Patía, lo que evidencia aportes significativos de aguas residuales domésticas y otras fuentes de contaminación asociada al desarrollo de actividades minera y agroindustria.

La ocurrencia de eventos El Niño, como los registrados entre 2014–2016 y 2023–2024, podría agravar significativamente estas condiciones debido a la disminución de las precipitaciones y de los caudales, reduciendo la capacidad natural de dilución, transporte y autodepuración de los cuerpos de agua. Este efecto resulta especialmente relevante si se consideran las cargas contaminantes asociadas a vertimientos domésticos, actividades mineras y procesos agroindustriales presentes en la región, estimandose en general cargas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST) oscilan entre 118,3 y 1.078,2 kg/día, mientras que los aportes de nitrógeno varían entre 28,4 y 258,76 kg/día. Asimismo, las cargas de coliformes totales alcanzan magnitudes comprendidas entre 4,73 × $10^1$ y 4,31 × $10^1$ NMP, evidenciando una importante presión microbiológica sobre los ecosistemas acuáticos. Los mayores aportes se registran en sistemas como el río Guapi y el río Mira, mientras que cuencas como Pianulpí y Patía también presentan cargas relevantes que reflejan la influencia de asentamientos humanos, actividades productivas y procesos de transformación del territorio. Estas cargas representan una fuente continua de contaminación que, bajo escenarios de disminución de caudales asociados al Fenómeno de El Niño, podrían concentrarse en menores volúmenes de agua, incrementando el riesgo de deterioro de la calidad del agua.

En conclusión, bajo escenarios asociados al Fenómeno de El Niño, la reducción de las precipitaciones y de los caudales en la zona sur, no necesariamente implicaría un aumento de las cargas contaminantes generadas por las actividades humanas; sin embargo, sí podría incrementar significativamente sus efectos sobre los ecosistemas acuáticos al disminuir la capacidad natural de dilución, transporte y autodepuración de los cuerpos de agua. Esta situación favorecería una mayor concentración de materia orgánica, nutrientes, sólidos suspendidos y microorganismos patógenos, especialmente en sistemas que ya presentan evidencias de presión antrópica, como los ríos Patía, Mira, Guapi, Pianulpí, Timbiquí y Guajuí. Aunque ríos de mayor caudal como el Mira, Guapi, Naya y Micay podrían presentar una mayor capacidad de amortiguación frente a reducciones temporales de precipitación debido a sus mayores volúmenes de agua y extensión de cuenca, los sectores bajos, estuarinos y los tributarios de menor tamaño asociados a estas cuencas podrían experimentar respuestas más rápidas y severas ante los déficits hídricos, registrando incrementos en las concentraciones de contaminantes y una disminución de la calidad del hábitat acuático. En consecuencia, la variabilidad climática asociada al Fenómeno de El Niño constituye un factor de riesgo que puede amplificar los efectos de las presiones antrópicas existentes sobre la calidad fisicoquímica, ecológica y sanitaria de los sistemas hídricos de Cauca y Nariño, por lo que su consideración resulta fundamental en los procesos de gestión integral del recurso hídrico, saneamiento básico, conservación de ecosistemas acuáticos y planificación de medidas de adaptación al cambio climático.

## Implicaciones socioambientales y socioproductivas

Las fuentes hídricas del Chocó Biogeográfico constituyen uno de los principales soportes ecológicos, sociales, culturales y económicos de la región, al proveer servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas. Estos sistemas suministran agua para consumo humano y usos domésticos, sustentan la pesca artesanal y el aprovechamiento de recursos hidrobiológicos, favorecen la producción agrícola tradicional y constituyen el principal medio de transporte y comunicación para numerosas poblaciones rurales y ribereñas. Asimismo, desempeñan funciones fundamentales en la regulación hídrica, el mantenimiento de la biodiversidad, la conectividad ecológica entre ecosistemas continentales y costeros, y la conservación de prácticas culturales y conocimientos ancestrales estrechamente ligados al agua. Bajo el escenario climático asociado al Fenómeno de El Niño previsto para el presente año, estos servicios ecosistémicos podrían verse afectados por la disminución temporal de las precipitaciones, la reducción de los aportes hídricos y las alteraciones en la conectividad de los ecosistemas acuáticos. El análisis de la información histórica evidencia que estos eventos pueden generar cambios en la disponibilidad de agua para abastecimiento comunitario, especialmente en poblaciones que dependen directamente de quebradas, caños, ríos y pequeños sistemas de captación. De igual manera, la disminución de los caudales y de la capacidad natural de dilución puede incrementar los efectos de las presiones antrópicas existentes sobre la calidad del agua, generando mayores desafíos para el uso doméstico, la salud pública y la gestión de los sistemas de abastecimiento.



Desde el punto de vista productivo, las actividades pesqueras y de aprovechamiento hidrobiológico constituyen uno de los sectores más sensibles frente a las alteraciones hidrológicas asociadas al fenómeno climático. Los cambios en la conectividad de los cuerpos de agua, la disponibilidad de hábitat y las condiciones ecológicas de ríos, estuarios, manglares y zonas costeras pueden modificar los patrones de distribución, reproducción y migración de especies de interés alimentario y comercial, afectando la productividad pesquera y la seguridad alimentaria de numerosas comunidades. Asimismo, la agricultura de subsistencia y otros sistemas productivos dependientes de la disponibilidad hídrica pueden experimentar reducciones en su rendimiento debido al estrés hídrico, el incremento de las temperaturas y la ocurrencia de periodos secos más prolongados.

Las implicaciones socioambientales también incluyen posibles afectaciones sobre la movilidad y conectividad territorial, particularmente en aquellos sectores donde los ríos constituyen la principal vía de transporte de personas, alimentos, insumos y servicios. La disminución de los niveles de agua puede restringir la navegabilidad en algunos tramos, dificultando el acceso a mercados, centros de salud, instituciones educativas y demás servicios básicos. De igual forma, las alteraciones en humedales, ciénagas, estuarios y bosques inundables pueden reducir temporalmente la capacidad de estos ecosistemas para regular el recurso hídrico, mantener hábitats estratégicos para la fauna y amortiguar perturbaciones ambientales.

Adicionalmente, las condiciones de mayor temperatura y déficit hídrico previstas para algunos sectores de la región pueden incrementar la susceptibilidad a incendios de cobertura vegetal en áreas intervenidas, zonas agropecuarias y bordes de bosque, generando impactos adicionales sobre los suelos, la biodiversidad y las fuentes de agua. A ello se suma que la ocurrencia de lluvias intensas posteriores a periodos secos puede favorecer procesos de erosión, transporte de sedimentos y deterioro temporal de la calidad del agua, incrementando la vulnerabilidad de los ecosistemas y de las comunidades que dependen de ellos. En este contexto, el Fenómeno de El Niño representa un factor de presión adicional sobre sistemas hídricos que ya enfrentan procesos de transformación asociados a actividades productivas, expansión de asentamientos humanos y cambios en el uso del suelo. Por ello, la protección de los servicios ecosistémicos que prestan las fuentes hídricas del Chocó Biogeográfico requiere fortalecer las acciones de monitoreo, planificación territorial, gestión integral del recurso hídrico y adaptación al cambio climático, con el fin de reducir los riesgos socioambientales y garantizar la sostenibilidad de los medios de vida de las comunidades de la región.

En la zona norte, los efectos esperados se relacionan principalmente con la disminución de la conectividad hídrica entre ríos, quebradas, caños, ciénagas y humedales asociados a sistemas como los ríos Atrato, León, Sinú, Munguidó, Bebará, Bebaramá, Neguá, Truandó, Domingodó y Salaquí. Esta situación puede afectar la capacidad de estos ecosistemas para regular los flujos de agua, mantener áreas de reproducción y refugio para peces y otros organismos acuáticos, y sostener actividades fundamentales para las comunidades como la pesca, el transporte fluvial y el abastecimiento local. De igual manera, en las zonas costeras de Juradó, Bahía Solano, Acandí, Turbo y Necoclí, las alteraciones en la interacción entre aguas continentales y marinas pueden afectar servicios ecosistémicos asociados a estuarios, manglares y zonas de pesca artesanal, reduciendo la disponibilidad de recursos hidrobiológicos de importancia económica y alimentaria.

En la zona centro, donde se encuentran sistemas estratégicos como los ríos Atrato, San Juan, Baudó y Dagua, las afectaciones potenciales están asociadas a la disminución temporal de los caudales, la reducción de la conectividad entre cauces principales, tributarios, humedales y zonas inundables, así como a posibles cambios en la calidad del agua. Estos sistemas constituyen ejes fundamentales para el abastecimiento de agua, la pesca artesanal, la movilidad fluvial y el desarrollo de actividades productivas tradicionales en amplios sectores del territorio. La disminución de los niveles de agua puede afectar la navegabilidad en algunos tramos, dificultando el transporte de personas, alimentos e insumos, mientras que las alteraciones en los hábitats acuáticos pueden incidir sobre la disponibilidad de recursos pesqueros de importancia para la seguridad alimentaria y la economía local. Asimismo, la reducción de los aportes hídricos hacia humedales, estuarios y zonas de transición puede afectar procesos ecológicos esenciales relacionados con la

regulación hídrica, el mantenimiento de la biodiversidad y el soporte de actividades productivas dependientes del recurso hídrico.

Por su parte, la zona sur presenta una especial sensibilidad debido a la estrecha dependencia de las comunidades respecto a los sistemas fluviales, estuarinos y costeros asociados a los ríos Mira, Patía y Pianulpí. En esta región, los servicios ecosistémicos relacionados con la pesca artesanal, la recolección de crustáceos y moluscos, el abastecimiento doméstico, la agricultura de subsistencia y la conectividad ecológica entre ecosistemas continentales y marinos constituyen la base de numerosas dinámicas sociales y económicas. Las alteraciones en los aportes de agua dulce, la conectividad hidrológica y las condiciones ecológicas de los estuarios pueden modificar la distribución y disponibilidad de especies de interés alimentario, afectar las actividades de aprovechamiento hidrobiológico y generar mayores presiones sobre los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua.

En conjunto, los impactos esperados del Fenómeno de El Niño trascienden las alteraciones hidrológicas y de calidad del agua, ya que pueden comprometer la capacidad de los ecosistemas acuáticos para mantener los servicios ecosistémicos que sustentan el bienestar de las comunidades del Chocó Biogeográfico. En consecuencia, las afectaciones potenciales incluyen restricciones en el acceso al agua, disminución de la productividad pesquera, alteraciones en la movilidad fluvial, afectación de sistemas productivos tradicionales, pérdida de hábitats acuáticos y una menor capacidad de regulación ecológica frente a futuras perturbaciones ambientales y climáticas.

## 2.3. Recomendaciones de gestión y monitoreo

En términos de gestión y monitore las recomendaciones deben tener un enfoque diferencial, teniendo en cuenta que el norte y el sur requieren especial atención sobre rachas secas, continuidad hídrica, abastecimientos locales, manglares, esteros y pesca; el centro requiere vigilancia simultánea de déficit de agua y pulsos de turbiedad y deterioro de la calidad fuentes presionadas. Una de las principales recomendaciones a nivel de gestión es fortalecer el seguimiento de variables que permitan interpretación temprana de los efectos del fenómeno, incluyendo lluvia diaria, caudales de quebradas y caños, niveles de ciénagas y humedales, turbiedad, sólidos suspendidos, temperatura del agua, oxígeno disuelto, coliformes en fuentes de abastecimiento, salinidad en zonas estuarinas y reportes comunitarios de coloración, olores, mortandad de peces o pérdida de conectividad entre cuerpos de agua.

Resulta prioritaria la prevención sobre captaciones y fuentes menores. En sectores con riesgo de menor caudal se recomienda proteger nacimientos, restringir vertimientos directos, reducir remoción de orillas, controlar actividades que aumenten la erosión y producción de sedimentos e identificar la disponibilidad de alternativas temporales de abastecimiento. Así mismo es necesario reforzar las acciones de manejo ecosistémico, que incluyen protección de rondas hídricas, recuperación de franjas ribereñas, control de prácticas que incrementan sedimentación, vigilancia y control de actividades mineras y fortalecimiento de mecanismos comunitarios de seguimiento y alerta temprana. En manglares, esteros y zonas costeras se recomienda seguimiento específico de salinidad, turbiedad, estado del bosque y comportamiento de la pesca artesanal.

En general, la evidencia disponible permite afirmar que el Fenómeno El Niño representa un riesgo real para los sistemas hídricos del Chocó Biogeográfico, el cual se expresa de manera diferencial, siendo el efecto más probable una alteración de la continuidad hídrica regional, con consecuencias sobre caudales menores, calidad fisicoquímica, equilibrio hidrobiológico y medios de vida comunitarios. En el norte y el sur la alerta debe concentrarse especialmente en pausas secas, reducción del aporte de agua dulce y afectación de humedales, esteros y manglares; en el centro, en cambios de regularidad hídrica y deterioro de calidad en sistemas ya presionados por sedimentos y actividades humanas.

Teniendo en cuenta los escenarios planteados en términos de afectaciones en términos de calidad integral del agua, las recomendaciones están orientadas a definir rangos de alerta por variable para cada tipología de fuente (ríos mineros, quebradas urbanas, ríos de abastecimiento, estuarios y sistemas costeros), utilizando como referencia los valores observados en años Niño que marcan el paso de estados "dudosos" a "críticos" para macroinvertebrados y fitoplancton. En ese sentido se sugieren los siguientes rangos:

- OD: alerta preventiva < 5 mg/l; alerta crítica < 4 mg/l.
- Fósforo disuelto en ríos: alerta > 0,25 mg/l; crítica > 0,5 mg/l; en quebradas urbanas > 2,5 mg/l.
- Sólidos suspendidos: alerta > 150–200 mg/l; crítica > 300–400 mg/l en ríos; > 500 mg/l en tramos mineros.
- Coliformes fecales: alerta > $10^3$ NMP/100 ml; crítica > 10 NMP/100 ml en ríos y > 10 NMP/100 ml en estuarios.
- Salinidad y conductividad en estuarios: establecer umbrales locales para intrusión salina río arriba según usos de agua y sensibilidad de manglares y pesquerías.

Es importante integrar estos umbrales con la señal hidroclimática (ONI, anomalías de precipitación, CDD y CWD) para configurar un sistema de alerta temprana hidrobiológica:

- **Nivel amarillo:** presencia de condiciones Niño + anomalías negativas moderadas de precipitación o CDD elevado en zona crítica.
- **Nivel naranja:** además de lo anterior, superación de umbrales preventivos en 2–3 variables clave (OD, SST, PO4, coliformes, salinidad).
- **Nivel rojo:** superación de umbrales críticos y evidencia de afectación biológica (caída de índices BMWP/Col, blooms algales, mortalidades).

Declarar corredores prioritarios para el monitoreo durante 2026, incrementando la frecuencia de medición de OD, SST, turbidez, nutrientes, coliformes, salinidad y clorofila a; complementar con campañas de macroinvertebrados y fitoplancton en al menos dos momentos críticos del año (pico seco y transición a lluvias):

**a. Microcuencas urbanas y mineras:** Atrato (Yesca, Caraño, Cabí, Quito) Guapi, Chaflana, Chanflanita, Carolina, Arquití, Acandí

**b. Zonas costeras con alta carga urbana e industrial:** bahía de Turbo–Waffe, bahía de Buenaventura, bahía de Tumaco.

**c. Bahías con antecedentes de eutrofización y cargas mixtas:** Nuquí, Mira–Patía y estuarios asociados.

## Medidas de mitigación y adaptación

- Coordinar con autoridades ambientales y municipales la reducción temporal de cargas orgánicas en alcantarillados y descargas industriales durante los meses de mayor déficit (según la climatología local).
- Fortalecer el control de vertimientos sin tratamiento en ríos mineros, promoviendo prácticas de manejo de sedimentos y reducción de descargas de lodos y finos.



- Establecer acuerdos comunitarios para protección de nacimientos, franjas ribereñas y humedales estratégicos, limitando la deforestación y las quemas en laderas y lomeríos.
- Diseñar planes de contingencia para sistemas de acueducto rural y urbano que contemplen fuentes alternas, almacenamiento y tratamiento reforzado bajo escenarios de alta turbidez y coliformes.
- Implementar un sistema de información y alerta para pescadores sobre episodios de baja oxigenación, floraciones algales y cambios de salinidad que puedan desplazar cardúmenes o afectar la inocuidad del recurso.
- Promover acuerdos de manejo adaptativo de esfuerzo pesquero en zonas y periodos de mayor sensibilidad.
- Desarrollar materiales de divulgación dirigidos a comunidades y autoridades locales explicando, en lenguaje sencillo, la relación entre El Niño, cambios en la lluvia, caudales, calidad del agua y efectos sobre salud y medios de vida.
- Vincular a organizaciones comunitarias en la vigilancia participativa de rachas secas, cambios visibles en los ríos (color, olor, espuma, mortalidades) y reportes de incidentes.



# CAPÍTULO 3.

# ANÁLISIS DE LOS EFECTOS POTENCIALES DEL FENÓMENO DE EL NIÑO 2026 EN LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD DEL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO

El Chocó Biogeográfico comprende una combinación excepcional de ecosistemas terrestres, continentales y costeros, cuya diversidad responde tanto a la heterogeneidad ambiental como a patrones biogeográficos e históricos de diferenciación (Rangel-Ch, 2015; Fagua & Ramsey, 2019).

Esa diversidad puede entenderse a partir de dos grandes gradientes ecológicos. El primero es un gradiente marino-costero, que integra fondos submareales, franjas litorales y humedales salobres, y en el que los manglares cumplen un papel central como vínculo ecológico entre el paisaje costero y marino (Rodríguez-Rodriguez et al., 2016; Rojas et al., 2019). El segundo es un gradiente altitudinal continental, que se extiende desde las tierras bajas húmedas y los complejos cenagosos hasta los bosques montanos y los páramos andinos hasta los 4000 msnm, y que en el Chocó se expresa en una amplia diversidad de tipos de ecosistema (Pérez-Escobar et al., 2019; Fagua et al., 2021; Buitrago & De Pellegrin Llorente, 2025).

Estos gradientes sostienen procesos ecológicos y sociales fundamentales. Los bosques del Chocó almacenan grandes cantidades de biomasa aérea y carbono, aunque una proporción importante ya presenta degradación (Meyer et al., 2019).

Los manglares aportan servicios ecosistémicos esenciales para la seguridad alimentaria, la captura de carbono, la provisión de recursos y el bienestar de las comunidades costeras (Rodríguez-Rodriguez et al., 2016; Palacios & Cantera, 2017). En los ecosistemas altoandinos, los páramos cumplen funciones estratégicas de regulación hídrica, secuestro de carbono y protección del suelo (Buitrago & De Pellegrin Llorente, 2025).

Aunque estos ecosistemas difieren en composición, estructura y funcionamiento, comparten una estrecha dependencia de las condiciones climáticas e hidrológicas regionales. La precipitación extrema del Chocó está asociada al chorro de bajo nivel del Chocó, que transporta humedad desde el Pacífico hacia los Andes colombianos (Jaramillo et al., 2021; Pérez-Escobar et al., 2019). Los ecosistemas de la región han mostrado alta sensibilidad a variaciones en ese forzamiento atmosférico-oceánico (Jaramillo et al., 2021).

En este contexto, las alteraciones asociadas a eventos extremos de El Niño, expresadas mediante cambios en los patrones de precipitación, la disponibilidad de agua, la temperatura del aire y del mar, así como en la dinámica de ríos, humedales y zonas costeras, pueden modificar el funcionamiento de los ecosistemas tropicales y sus servicios (Holmgren et al., 2001; Bertrand, 2020). En bosques tropicales, estas anomalías se asocian con aumentos en la mortalidad de plántulas, alteraciones del sotobosque y debilitamiento temporal del sumidero de carbono (Browne et al., 2021; Bennett et al., 2023). En sistemas tropicales más amplios, también se han documentado reducciones en diversidad y función de artrópodos y efectos sobre pesquerías y productividad marina (Sharp et al., 2025; Bertrand, 2020).

El presente documento analiza los efectos potenciales que un evento de El Niño durante el período 2026-2027 podría tener sobre

los ecosistemas y la biodiversidad del Chocó Biogeográfico. Para cada ecosistema, se establece la relación entre las anomalías climáticas previstas, las respuestas funcionales esperadas y las posibles repercusiones sobre los servicios ecosistémicos y el bienestar humano, siguiendo evidencia que muestra que la resiliencia socioecológica depende tanto del shock climático como del contexto histórico y de las presiones preexistentes (Whitfield et al., 2019). Dado que la magnitud y la naturaleza de las respuestas ecológicas varían según las características ambientales, hidrológicas y biológicas de cada sistema, el análisis aborda los ecosistemas de manera independiente e incorpora tanto su vulnerabilidad climática como las presiones actuales de degradación y cambio de cobertura (Fagua & Ramsey, 2019; Anaya et al., 2020; Meyer et al., 2019).

## 3.1 Respuesta funcional de los arrecifes coralinos de Caribe y Pacífico en el Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño.

Los arrecifes coralinos constituyen uno de los ecosistemas marinos más importantes del Chocó Biogeográfico, aunque ocupan una superficie muy pequeña dentro de la región (Glynn, 1996; Glynn, 2001). Aun así, cumplen funciones ecológicas y sociales clave, porque ofrecen refugio, alimentación y áreas de reproducción para peces e invertebrados, contribuyen a la protección de la línea de costa y sostienen actividades como la pesca artesanal y el ecoturismo (Glynn, 1996; Glynn, 2001; Zapata & Vargas-Ángel, 2003). Su funcionamiento depende de la relación entre el coral y sus algas simbiontes, una asociación sensible al calentamiento del mar y a otros factores ambientales como la luz y la transparencia del agua (Liu et al., 2018; Lesser, 2010; Lesser, 2019).

En el Chocó Biogeográfico coexisten dos provincias arrecifales biogeográficamente independientes: los arrecifes del Caribe chocoano, en el extremo meridional de la distribución de los arrecifes del Caribe colombiano, y los arrecifes del Pacífico colombiano, dentro del Pacífico Oriental Tropical. Aunque ambas provincias responden al fenómeno de El Niño mediante el mismo mecanismo fisiológico de blanqueamiento, difieren sustancialmente en extensión, composición taxonómica, condiciones oceanográficas y factores de estrés concurrentes. Por esa razón, este apartado presenta primero el contexto y el mecanismo comunes a ambas provincias, y luego resalta, mediante cuadros comparativos, las particularidades que distinguen su respuesta frente al evento 2026-2027.

## 3.1.1. Contexto: extensión y escala de los arrecifes coralinos, un factor clave de su vulnerabilidad frente a El Niño

Los arrecifes coralinos del Chocó Biogeográfico son ecológicamente relevantes, pero ocupan una superficie marginal tanto en el contexto nacional como en el global (Tabla 10) (Glynn, 1996; Glynn, 2001). Los arrecifes del Caribe chocoano cubren cerca de 1,7 km² (170 ha) y se distribuyen entre Capurganá, Sapzurro, Cabo Tiburón (Acandí, Chocó) y el sector de Necoclí-Bajo Caribana (Antioquia), en la zona de confluencia entre las aguas oceánicas del Caribe y la influencia estuarina del golfo de Urabá. Los arrecifes del Pacífico colombiano son considerablemente más extensos, con cerca de 14,7 km² (1.470 ha), distribuidos entre el Parque Nacional Natural Gorgona, el Santuario de Fauna y Flora Malpelo, la Ensenada de Utría y sectores costeros entre Nuquí y Punta Tebada (Díaz et al., 2000; Ministerio del Medio Ambiente & INVEMAR, 2001; INVEMAR, 2017).



Puestas en perspectiva nacional y global, ambas provincias representan una fracción mínima de la superficie arrecifal: en conjunto, los 16,4 km² de arrecifes del Chocó Biogeográfico equivalen a apenas 0,57 % de los cerca de 2.860 km² de arrecifes que posee Colombia, de los cuales el 76,5 % se concentra en San Andrés, Providencia y Santa Catalina, y a menos del 0,01 % de los cerca de 284.300 km² de arrecifes coralinos estimados a escala mundial (Spalding et al., 2001; INVEMAR, 2017). Esta escala reducida no disminuye su importancia ecológica: por el contrario, la hace más crítica, porque implica que estos arrecifes carecen de la extensión necesaria para amortiguar pérdidas locales mediante la recolonización desde áreas vecinas (véase tabla 10).

**Tabla 10.** Extensión comparada de los arrecifes coralinos del Chocó Biogeográfico frente al total nacional y la referencia global.
**Fuentes:** Díaz et al. (2000); INVEMAR (2017); Spalding et al. (2001).

| Ámbito | Extensión aproximada | % del total nacional (Colombia) | % de la referencia global |
|---|---|---|---|
| Arrecifes del Caribe chocoano (Acandí-Necoclí) | 1,7 km² (170 ha) | 0,06 % | 0,0006 % |
| Arrecifes del Pacífico colombiano (Gorgona-Malpelo-Utría-Nuquí) | 14,7 km² (1.470 ha) | 0,51 % | 0,0052 % |
| Subtotal Chocó Biogeográfico | 16,4 km² | 0,57 % | 0,0058 % |
| Total arrecifes del Caribe colombiano (incl. San Andrés y Providencia) | ~2.845 km² | 99,43 % | 1,00 % |
| Total nacional (Colombia) | ~2.860 km² | 100 % | 1,01 % |
| Referencia global | ~284.300 km² | — | 100 % |

## 3.1.2. Composición taxonómica: divergencia de géneros constructores entre el Caribe y el Pacífico, y su relación con la capacidad de recuperación tras El Niño

Aunque ambas provincias arrecifales enfrentan el mismo fenómeno climático, están construidas por linajes de corales evolutivamente distintos (Glynn, 1996; Glynn & Ault, 2000). Esta diferencia no es anecdótica: se originó con el cierre del istmo de Panamá, hace aproximadamente 3 millones de años, que separó las faunas coralinas del Caribe y del Pacífico Oriental Tropical y permitió que evolucionaran de manera independiente (Glynn & Ault, 2000).

Dado que no todas las especies de coral contribuyen por igual a la construcción y mantenimiento del arrecife, la comparación se restringe a las especies constructoras o principales formadoras de marco arrecifal. Esta decisión permite comparar entre Caribe y Pacífico los taxones con mayor efecto sobre la producción de carbonato, la complejidad tridimensional del hábitat, la integridad geomorfológica y la provisión de servicios ecosistémicos, que son precisamente las funciones más comprometidas durante eventos de El Niño. En contraste, aunque las especies no constructoras pueden ser abundantes y ecológicamente importantes, su contribución al crecimiento del arrecife y a la persistencia del marco carbonatado suele ser menor y no sustituye funcionalmente la pérdida de los principales corales constructores (Alvarez-Filip et al., 2013; Estrada-Saldívar et al., 2019; Tortolero-Langarica et al., 2022).

Por lo tanto, salvo un número reducido de géneros compartidos, las principales especies constructoras de arrecifes coralinos del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano no son las mismas, ni siquiera los mismos géneros dominantes (Tabla 11) (Glynn, 1996; Alvarado et al., 2016), lo que también implica diferencias en su capacidad de recuperación tras un evento de blanqueamiento.

En términos prácticos, esta divergencia taxonómica tiene tres implicaciones para la gestión del riesgo frente a El Niño 2026-2027. Primero, no es correcto extrapolar directamente los tiempos de recuperación observados en el Caribe hacia el Pacífico, o viceversa: los corales ramificados de Pocillopora crecen y se recuperan más rápido en condiciones normales, pero son también más sensibles al estrés térmico agudo, mientras que los corales masivos del Caribe (Orbicella, Diploria) son más longevos y resistentes, pero su recuperación estructural, una vez perdida, puede tardar décadas.

Segundo, la escasa superposición de géneros, que en la práctica se limita a Porites y Siderastrea, significa que no existe posibilidad de recolonización cruzada entre las dos costas: cada provincia depende enteramente de su propio banco de larvas. Tercero, cualquier programa de restauración o de monitoreo debe diseñarse de forma taxonómicamente específica para cada vertiente, en lugar de aplicar un protocolo único.

**Tabla 11.** Correspondencia de géneros coralinos constructores entre el Caribe chocoano y el Pacífico colombiano.
**Fuentes:** Zapata & Vargas-Ángel (2003); Glynn (2016); Zapata (2017).

| Género / grupo | Caribe chocoano | Pacífico colombiano | Observación biogeográfica |
|---|---|---|---|
| *Orbicella (O. annularis, O. faveolata)* | Constructor dominante | Ausente | Exclusivo del Atlántico |
| *Acropora (A. palmata, A. cervicornis)* | Constructor histórico (en fuerte declive regional) | Ausente | Exclusivo del Atlántico |
| *Diploria / Pseudodiploria* | Presente | Ausente | Exclusivo del Atlántico |
| *Pocillopora (P. damicornis, P. capitata)* | Ausente | Constructor dominante (hasta 70 % de cobertura) | Exclusivo del Pacífico Oriental Tropical |
| *Pavona* | Escaso / marginal | Constructor relevante | Predominantemente indo-pacífico |
| *Porites* | Presente (secundario) | Presente (secundario) | Género compartido; pantropical |
| *Siderastrea* | Presente (secundario) | Presente (S. glynni, escaso) | Género compartido; uno de los pocos puentes taxonómicos |

## 3.1.3. Mecanismo funcional común: cómo el estrés térmico asociado a El Niño produce el blanqueamiento coralino

El blanqueamiento coralino ocurre cuando el calor acumulado supera la tolerancia fisiológica del coral y de sus algas simbiontes (Liu et al., 2018; Lesser, 2010). Como referencia operativa global, la NOAA Coral Reef Watch usa el índice de grados de calentamiento acumulado (Degree Heating Weeks, DHW), y los umbrales clásicos indican que valores superiores a 4 °C-semana (1°C por encima del promedio en cada semana durante 4 semanas), se asocian con blanqueamiento, mientras valores superiores a 8 °C-semana (1°C por encima del promedio en cada semana durante 8 semanas), se asocian con blanqueamiento severo y mayor riesgo de mortalidad (Kayanne, 2017; Lesser, 2007; Mejias-Rivera & Courtney, 2024). Sin embargo, estudios recientes muestran que esos umbrales pueden variar entre regiones y que los modelos mejoran cuando incorporan sensibilidad regional y temporal (Whitaker & DeCarlo, 2024; Qin et al., 2023).

A nivel celular, el calor daña primero el aparato fotosintético, específicamente el fotosistema II de las zooxantelas, que son microalgas simbióticas de los corales pertenecientes a la familia Symbiodiniaceae. Este daño interrumpe el transporte normal de electrones en el aparato fotosintético de los simbiontes (Figura 14), provocando una sobreproducción de especies reactivas de oxígeno (ERO), moléculas altamente reactivas derivadas del oxígeno. Cuando los sistemas antioxidantes no logran neutralizarlas, las ERO difunden hacia los tejidos del coral hospedero y generan estrés oxidativo, dañando proteínas, lípidos y ADN. Este proceso activa mecanismos celulares que culminanen la pérdida o expulsión de los simbiontes fotosintéticos (Figura 14), los cuales suministran entre el 70 y el 90 % de la

energía necesaria para el crecimiento, la calcificación, la reproducción y el mantenimiento de las funciones fisiológicas del coral (Lesser, 1996 y 1997; Hoegh-Guldberg et al., 2007; Lesser, 2011; Hughes et al., 2017).

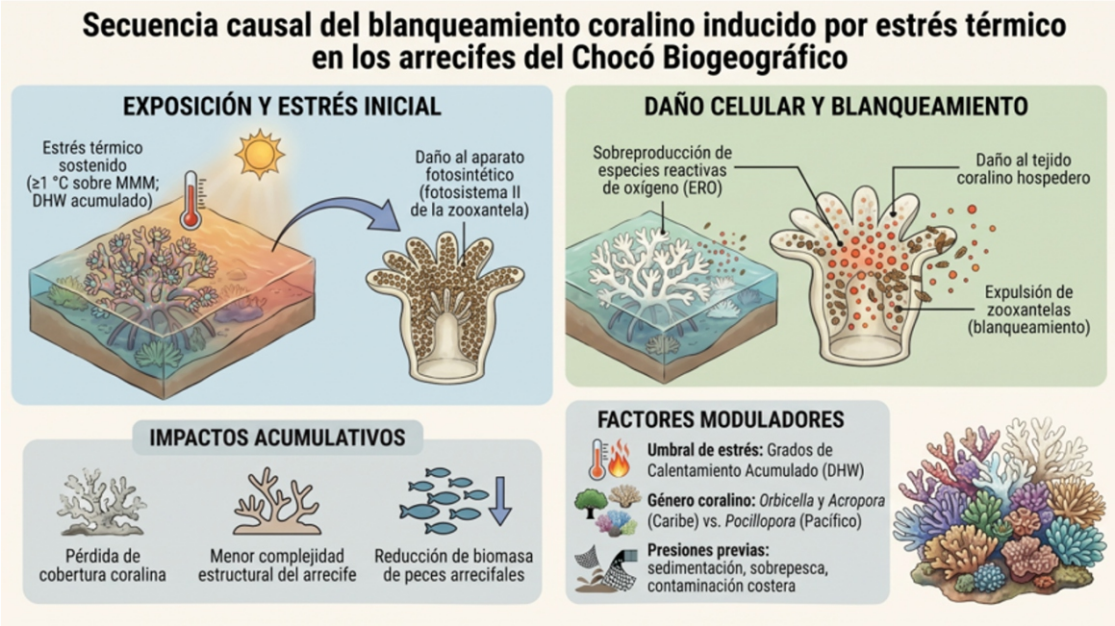



**Figura 14.** Secuencia causal del blanqueamiento coralino inducido por estrés térmico a nivel celular, aplicable tanto a los arrecifes del Caribe chocoano como a los del Pacífico colombiano.

## 3.1.4. Del blanqueamiento a sus consecuencias: particularidades regionales y patrón común frente a el Niño 2016-2027

Frente al evento de El Niño 2026-2027, el Caribe chocoano y el Pacífico colombiano comparten el mismo tipo de respuesta ecológica (Figura 1), pero no comparten ni la magnitud de la exposición ni la intensidad de las consecuencias (Tabla 12). Conviene distinguir con claridad estos dos niveles: lo que difiere entre ambas costas son los factores de entrada, es decir, la

magnitud de la anomalía térmica, los factores de estrés concurrentes, la especie constructora dominante y su capacidad de recuperación, lo que se mantiene igual es el tipo de efecto ecológico que esos factores desencadenan aguas abajo, tal como la pérdida de complejidad estructural, simplificación de redes tróficas, caída de la productividad pesquera y del atractivo turístico, aunque su magnitud varía en cada provincia según esos mismos factores de entrada.

| Factor | Caribe chocoano | Pacífico colombiano |
|---|---|---|
| Anomalía térmica típica en El Niño | Elevación sostenida sobre el umbral de blanqueamiento (28,5-29 °C), habitualmente moderada | Puede superar en 2-3 °C los valores climatológicos normales; anomalías más intensas |
| Principal antecedente de blanqueamiento | 1998 y 2005 (SIMAC: 54,4 colonias blanqueadas / 100 m²) | 1982-1983 (el más severo registrado en el Pacífico Oriental Tropical), 1997-1998 y 2023-2024 |
| Estrés concurrente dominante | Sedimentación del río Atrato, sobrepesca, aguas residuales, anclaje de embarcaciones | Turbidez y sedimentación de los ríos Juradó, San Juan, Baudó, Anchicayá, Naya, Dagua, entre otros |
| Género constructor más vulnerable | Acropora (crecimiento lento, ya en declive regional) | Pocillopora (recuperación lenta tras perturbaciones severas pese a su |

**Tabla 12.** Factores de entrada que diferencian la exposición de los arrecifes del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano frente al fenómeno de El Niño. Estas diferencias explican la magnitud, no el tipo, de las consecuencias descritas a continuación.

Con esa aclaración, el tipo de consecuencia ecológica que se deriva del blanqueamiento es estructuralmente el mismo en ambas provincias. La pérdida de cobertura coralina viva reduce la complejidad tridimensional del arrecife, elimina refugios utilizados por juveniles de peces e invertebrados y simplifica las redes tróficas. La evidencia disponible indica que reducciones cercanas al 50 % en la cobertura coralina viva pueden traducirse, en los años siguientes, en disminuciones de entre el 25 y el 40 % de la biomasa de peces arrecifales (Bellwood et al., 2004; Graham et al.,2006; Mumby et al., 2006), aunque ese impacto tendería a ser más severo y de recuperación más lenta en el Pacífico, dado el mayor tiempo de regeneración de Pocillopora (Tabla 12).

La degradación arrecifal también reduce la protección natural que estos ecosistemas ofrecen frente al oleaje, con consecuencias sobre playas de anidación de tortugas marinas en ambas costas (Santuario de Fauna y Flora Acandí, Playón y Playona, en el Caribe; playas del Pacífico colombiano), y disminuye el atractivo paisajístico del que depende el turismo de buceo y snorkel en Capurganá-Sapzurro y en Nuquí-Bahía Solano-Gorgona.

A ello se suma la acidificación oceánica, cuyo descenso aproximado de 0,1 unidades de pH desde la era preindustrial reduce la capacidad de calcificación de los corales en ambas provincias y ralentiza su recuperación incluso cuando cesa el estrés térmico (Hoegh-Guldberg et al., 2007; Ferrario et al., 2014; Barbier et al., 2011; IPCC, 2022).En conjunto, el análisis de ambas provincias arrecifales permite concluir que, si bien los arrecifes del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano representan una fracción mínima de la superficie coralina de Colombia y del planeta, su pérdida funcional frente al evento de El Niño 2026-2027 tendría consecuencias desproporcionadas para la biodiversidad marina y para el bienestar de las comunidades afrodescendientes, indígenas y campesinas que dependen de ellos en ambas costas del Chocó Biogeográfico con una severidad relativa mayor en el Pacífico, de acuerdo con los factores de exposición y recuperación resumidos en el Tabla 12

## 3.1.5. Los mismos grupos funcionales de peces resultan afectados en ambas costas

La pérdida de hábitat y de complejidad estructural descrita en el apartado anterior no afecta a un conjunto distinto de especies en cada costa, sino a los mismos grupos funcionales de importancia pesquera tanto en el Caribe chocoano como en el Pacífico

colombiano (Figura 15): pargos (familia Lutjanidae), meros (Epinephelidae), jureles (Carangidae) y roncos (Haemulidae). En cada caso, el grupo funcional y el papel ecológico y pesquero que cumple es el mismo; lo que cambia es la especie puntual que lo representa en cada vertiente. La Figura 15 ilustra esta correspondencia con dos géneros de uso común en la pesca artesanal de la región: el jurel (género Caranx) y el pargo (género Lutjanus), cada uno representado por una especie propia del Caribe y otra propia del Pacífico.

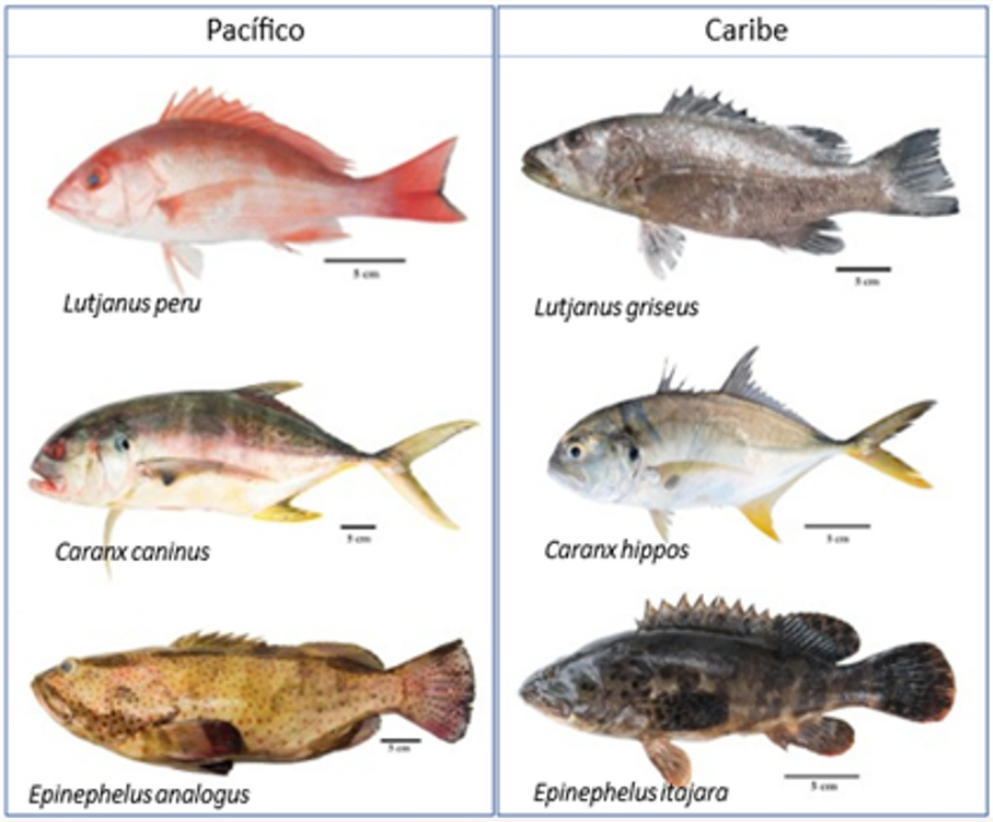



**Figura 15.** Especies congenéricas de peces capturados en las pesquerías artesanales del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano, representativas de los mismos grupos funcionales afectados por la pérdida de hábitat arrecifal: arriba, el jurel (Caranx hippos, Caribe / Caranx caninus, Pacífico); abajo, el pargo (Lutjanus griseus, Caribe / Lutjanus peru, Pacífico). **Fuente:** Nieto et al. (2021), SEPEC. AUNAP http://sepec.aunap.gou.co/BancoImagenes/Consulta 12/07/2026.

En los dos géneros, la especie que ocupa el Caribe y la que ocupa el Pacífico cumplen la misma función dentro de la cadena trófica del arrecife y son objeto de la misma presión pesquera artesanal, de modo que la degradación del hábitat coralino descrita en los apartados 3.1.3 y 3.1.4 representaría una amenaza equivalente para el recurso pesquero en ambas costas del Chocó Biogeográfico, aunque materializada en especies distintas

## 3.2 Respuesta funcional de las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano frente a eventos de El Niño.

A diferencia de los arrecifes coralinos, las praderas de pastos marinos constituyen un ecosistema exclusivamente caribeño dentro del ámbito colombiano, y su ausencia en la costa Pacífica no debe interpretarse como un vacío de información sino como una condición ecológica asociada a limitaciones físicas para su establecimiento (Díaz et al., 2003; Waycott et al., 2009). Los pastos marinos requieren suficiente penetración de luz para sostener la fotosíntesis, por lo que incrementos persistentes de turbidez, sedimentación y profundidad del agua reducen directamente su productividad y pueden restringir su distribución (Short & Neckles, 1999). Por esta razón, este apartado se concentra en las praderas del Caribe chocoano, sin que ello implique una omisión metodológica frente al Pacífico.

### 3.2.1. Contexto de las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano

Las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano y del golfo de Urabá cubren aproximadamente 264 hectáreas y se distribuyen de manera fragmentada en aguas someras del departamento del Chocó, principalmente en Acandí, en sectores

como Capurganá, Cabo Tiburón, Sapzurro, Pino Roa, Triganá, Goleta y Punta San Francisco, así como en algunos parches del sector de Necoclí, Antioquia, especialmente hacia Punta Arenas. Los primeros inventarios nacionales realizados por INVEMAR entre 2000 y 2002 también registraban praderas en las Islas Titumate, frente al corregimiento de Titumate, en el municipio de Unguía, Chocó (Díaz et al., 2003); sin embargo, este sector ya no figura en los monitoreos nacionales más recientes (Chaparro et al., 2022), lo que sugiere una posible reducción de su distribución conocida, aunque aún se requieren verificaciones de campo que permitan confirmar si se trata de una pérdida real o de un vacío de muestreo.

Esta distribución restringida y fragmentada convierte a estas praderas en uno de los ecosistemas marinos más vulnerables de la región frente a las alteraciones climáticas asociadas al fenómeno de El Niño, sobre todo si se tiene en cuenta el contexto global: los pastos marinos han perdido cerca del 29 % de su extensión conocida en el mundo, y sus tasas de deterioro se han acelerado desde 1990 (Waycott et al., 2009). Este patrón global refuerza la necesidad de interpretar cualquier retracción local de las praderas del Caribe chocoano como una señal de alerta temprana, aun cuando su confirmación definitiva requiera verificación de campo.

## 3.2.2. Efectos de El Niño sobre las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano

Cuando las aguas superficiales del Caribe se calientan por encima de su rango óptimo, cercano a los 28-30 °C para Thalassia testudinum, estos pastos marinos experimentan una disminución de la capacidad fotosintética, alteraciones metabólicas y una reducción progresiva de su productividad biológica (Short &

Neckles, 1999). Las especies dominantes de la región, en particular T. testudinum, pueden presentar pérdida de biomasa foliar, reducción del crecimiento de los rizomas y una menor capacidad de regeneración. Este estrés se intensifica cuando las altas temperaturas se combinan con incrementos de salinidad derivados de la disminución de los aportes continentales durante los períodos secos. Debido a que las praderas del Caribe chocoano se encuentran aisladas y presentan una conectividad ecológica limitada, la recuperación de las áreas degradadas puede requerir varios años y, en algunos casos, no llegar a producirse por completo.

En el golfo de Urabá, donde confluyen las aguas marinas con las descargas del río Atrato, el efecto dominante durante El Niño es la menor renovación del agua del estuario, no un mayor aporte de sedimento: con menos caudal, el agua dulce se mezcla y se diluye con menor frecuencia, lo que puede favorecer procesos de eutrofización y floraciones de macroalgas y fitoplancton, reduciendo la luz disponible para la fotosíntesis un mecanismo consistente con lo documentado en otras praderas tropicales, donde el deterioro de la calidad del agua y de los niveles de irradiancia se asocia de forma recurrente con la pérdida de cobertura de pastos marinos (Collier et al., 2012). El escenario opuesto crecientes que arrastran grandes volúmenes de sedimento hacia el golfo y elevan la turbidez por vía fluvial- es, en esta cuenca, más característico de los años La Niña que de El Niño (Cerón et al., 2020), aunque pueden presentarse lluvias puntuales intensas incluso durante un evento cálido.

La degradación de las praderas marinas compromete múltiples servicios ecosistémicos esenciales para el sistema marino-costero del Caribe chocoano, tales como estabilización de sedimentos, reducción de la erosión, filtración de partículas y nutrientes, y sostenimiento de hábitats de alta productividad

biológica (Björk et al., 2008). Al degradarse, desaparecen áreas fundamentales de refugio, alimentación y crianza utilizadas por numerosas especies de peces (Figura 16), como mojarras (Gerreidae), roncos (Haemulidae), peces loro (Scaridae) y pargos (Lutjanidae), además de crustáceos de importancia comercial como camarones, jaibas, cangrejos y langostas. También se ven afectados moluscos bentónicos como el caracol pala (Eustrombus gigas), especie catalogada como Vulnerable por la UICN (Figura 16), así como diversos bivalvos, erizos, estrellas y pepinos de mar que dependen de estos hábitats para completar su ciclo de vida (Waycott et al., 2009; Björk et al., 2008).

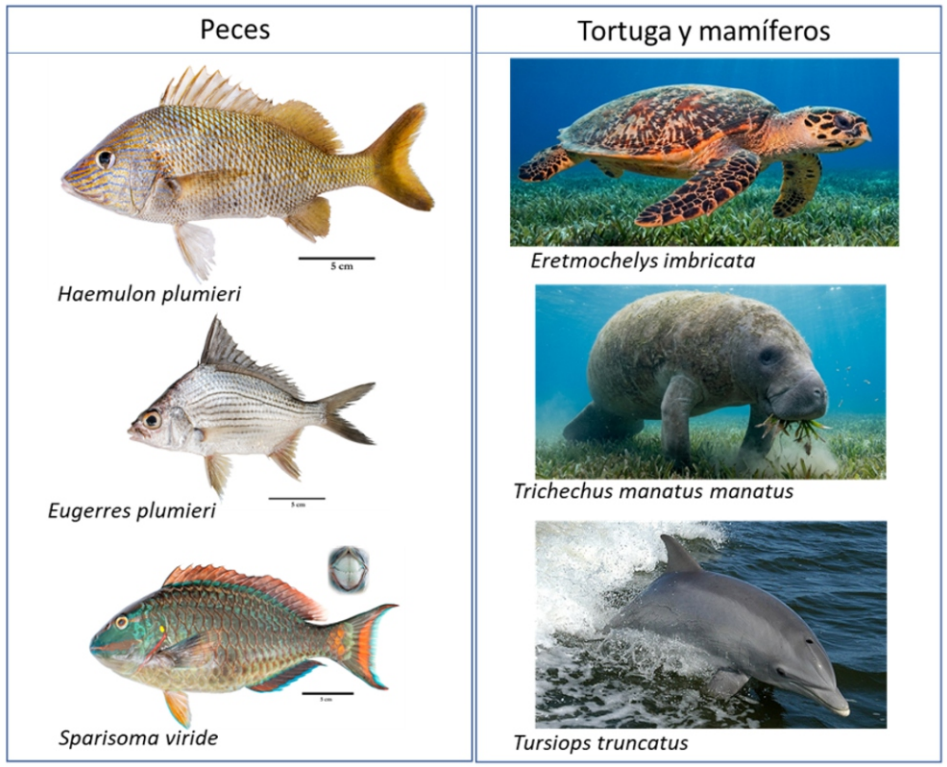



**Figura 16.** Especies de peces asociadas a las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano. Fuente de peces: Nieto et al. (2021), SEPEC. AUNAP http://sepec.aunap.gov.co/BancoImagenes/Consulta 12/07/2026. Fuente manatí y tortuga carey: Nano Banana 2. Fuente delfín nariz de botella https://web.archive.org/web/20051113140743/http://mediaarchive.ksc.nasa.gov/detail.cfm?mediaid=21807).

Las praderas constituyen además áreas críticas de alimentación para especies amenazadas como el manatí antillano (Trichechus manatus manatus) y la tortuga carey (Eretmochelys imbricata), así como hábitat utilizado por mamíferos marinos costeros como el delfín nariz de botella (Tursiops truncatus), el delfín moteado del Atlántico (Stenella frontalis) y el delfín costero (Sotalia guianensis) (Figura 16). Dada la escasa extensión de este ecosistema en el Caribe chocoano, que abarca apenas 264 ha, incluso pérdidas relativamente pequeñas de cobertura podrían generar efectos desproporcionados en la seguridad alimentaria, los medios de vida locales y la resiliencia de los ecosistemas marino-costeros de la región.

## 3.2.3. Procesos funcionales de las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano frente a eventos de El Niño

Frente a un evento de El Niño, la respuesta funcional más probable en las praderas dominadas por T. testudinum es una reducción de la productividad primaria por el efecto combinado del calentamiento y de la menor disponibilidad de luz (Short & Neckles, 1999; Björk et al., 2008). Esta respuesta ocurre a través de dos vías que actúan en paralelo (Figura 17). La primera es térmica y consiste en que, al superarse el rango fisiológico óptimo de la especie, aumenta la respiración y se deteriora el balance fotosintético neto, lo que reduce el crecimiento y obliga a la planta a movilizar sus reservas de energía para el mantenimiento básico de sus tejidos (Short & Neckles, 1999).

La segunda vía es de calidad del agua y opera de forma independiente de la primera, aunque ambas pueden presentarse al mismo tiempo durante un evento de El Niño: la menor renovación del agua del estuario, causada por la caída del caudal del Atrato, favorece la eutrofización y las floraciones de

fitoplancton, cuya turbidez reduce la luz disponible para la fotosíntesis -un mecanismo distinto al de la turbidez por sedimentos que traen las crecientes, más propia de años La Niña que de El Niño en esta cuenca (Cerón et al., 2020). En praderas tropicales se ha documentado que umbrales bajos de luz sostenidos en el tiempo pueden asociarse con pérdidas de cobertura superiores al 50 %, y que la magnitud de la pérdida aumenta cuanto más se alejan las condiciones de esos umbrales (Collier et al., 2012, en praderas tropicales del norte de la Gran Barrera de Coral). En sectores de aguas más confinadas como Sapzurro y Cabo Tiburón, en el golfo de Urabá, el estrés térmico puede verse amplificado por esta limitación lumínica derivada de la menor circulación del agua (Björk et al., 2008).




**Figura 17.** Secuencia funcional del estrés térmico y lumínico inducido por El Niño en las praderas de Thalassia testudinum del Caribe chocoano (Adaptado de: Short & Neckles, 1999; Björk et al., 2008; Cerón et al. 2020).

La conectividad funcional entre las praderas de pastos marinos, los manglares y los arrecifes coralinos constituye uno de los procesos ecológicos más importantes del paisaje marino-costero

del Caribe chocoano, y esta importancia se ve reforzada en el caso de Capurganá y Sapzurro, donde las praderas forman un continuo ecológico directo con los manglares y los arrecifes coralinos del golfo de Urabá. Numerosas especies utilizan las praderas como áreas de crianza en sus primeras etapas de vida, donde la alta densidad de pastos le ofrece refugio frente a la depredación; posteriormente migran hacia los arrecifes coralinos, donde alcanzan la madurez reproductiva; de manera complementaria, los manglares aportan materia orgánica, nutrientes y refugio a los estadios juveniles, mientras que los arrecifes proporcionan hábitat a los adultos.

Cuando las praderas son degradadas por el calentamiento del agua, la pérdida de cobertura vegetal o el incremento de la turbidez, esta conectividad se interrumpe, lo que ocasiona la disminución del intercambio de organismos entre ecosistemas, cae el reclutamiento de peces hacia los arrecifes y se debilita la productividad pesquera de todo el corredor. La evidencia del Gran Caribe indica que la pérdida de praderas marinas puede traducirse en reducciones de entre el 35 y el 50 % de la biomasa de peces en arrecifes ecológicamente conectados (Nagelkerken et al., 2000; Mumby et al., 2004).

En términos comparativos con los otros dos ecosistemas de este corredor, las praderas de pastos marinos son ecológicamente más sensibles que los manglares a la pérdida de luz y al aumento de turbidez. Por el contrario, los manglares, al no depender de la fotosíntesis submarina, toleran mejor la sedimentación. Las praderas se recuperan más rápido que los arrecifes coralinos frente a un mismo evento de estrés térmico, mientras que la reconstrucción de la estructura calcárea de un arrecife puede tardar entre 10 y 20 años (véase el apartado 3.1.4), el rebrote de una pradera a partir de su banco de rizomas subterráneos y de la producción de semillas puede ocurrir en un plazo de pocos años,

siempre que la calidad del agua se restablezca a tiempo (Björk et al., 2008). Esta diferencia no reduce la urgencia de proteger las praderas, por el contrario, las intervenciones orientadas a mejorar la calidad del agua (control de sedimentos y de vertimientos) pueden generar resultados visibles en plazos más cortos y dado su papel como criadero de juveniles, incide directamente en la capacidad de recuperación más veloz de los arrecifes.

A medida que disminuye la cobertura de los pastos marinos, se reduce proporcionalmente su capacidad de retener sedimentos, almacenar carbono orgánico en el subsuelo y sostener las demás funciones ecosistémicas del paisaje costero (Serrano et al., 2021). La densa red de raíces y rizomas de Thalassia testudinum estabiliza el sustrato, disminuye la resuspensión de sedimentos y favorece la deposición de materia orgánica, procesos que permiten enterrar y preservar el carbono en condiciones anóxicas durante siglos, e incluso milenios (Oreska et al., 2017). En el Caribe colombiano, estas praderas almacenan en promedio 241 ± 118 toneladas de carbono orgánico por hectárea en el primer metro de suelo, con tasas de acumulación de 122 ± 62 y 15 ± 7 gramos de carbono orgánico por metro cuadrado al año en escalas de aproximadamente 70 años y de hasta 2.000 años, respectivamente (Serrano et al., 2021) -cifras que, aplicadas a la escala del Caribe chocoano, dan una idea del volumen de carbono que las 264 ha de praderas de la región podrían estar reteniendo bajo su superficie, y que quedaría expuesto a removilización si esta cobertura se pierde.

Cuando la cobertura se pierde, el lecho queda más expuesto al oleaje y a las corrientes, aumenta el riesgo de erosión y puede perderse parte del carbono sedimentario ya acumulado, además de deteriorarse la claridad del agua necesaria para la persistencia de las praderas remanentes (Oreska et al., 2017; Duarte et al., 2004).

Esta retroalimentación puede ser especialmente relevante en ambientes someros y sedimentarios como Sapzurro y Cabo Tiburón, donde la estabilización del fondo y la atenuación del oleaje dependen en parte de la continuidad de la pradera (Jacob et al., 2023). La pérdida de estas funciones también reduce la provisión de hábitat, refugio y zonas de crianza para peces e invertebrados, debilita la protección costera natural y compromete beneficios sociales asociados a la pesca, la seguridad alimentaria, el ecoturismo y la resiliencia costera de las comunidades de Acandí -Capurganá, Sapzurro, Titumaté, El Roto en Unguía-, Turbo y Necoclí.

La reducción de la biomasa de peces, crustáceos y moluscos asociados a las praderas disminuye la disponibilidad de recursos para la pesca artesanal y de subsistencia, y la pérdida de las áreas de alimentación del manatí antillano y del paisaje submarino reduce el potencial de actividades de ecoturismo como el buceo y el snorkel, fundamentales para la economía local. Debido a que las praderas de pastos marinos del Caribe chocoano y el golfo de Urabá representan únicamente alrededor de 264 ha, incluso reducciones moderadas de su cobertura pueden generar efectos desproporcionados sobre la productividad pesquera, la estabilidad costera, el almacenamiento de carbono azul y la resiliencia ecológica de todo el sistema marino-costero.

## 3.3 Respuesta funcional de los manglares del Chocó Biogeográfico, frente a eventos de El Niño.

Los manglares son la principal interfaz ecológica entre los ecosistemas terrestres y marinos del Chocó Biogeográfico. Su elevada productividad sostiene redes tróficas complejas, exporta materia orgánica hacia estuarios y zonas costeras, estabiliza los

sedimentos, protege la línea de costa y ofrece refugio y áreas de reproducción para numerosas especies de importancia ecológica y pesquera (Kristensen et al., 2008; Barbier et al., 2011). Aunque estos bosques toleran bien las variaciones naturales del nivel del mar y de la salinidad, los eventos intensos de El Niño pueden alterar el balance hídrico de los estuarios e incrementar el estrés fisiológico de la vegetación (Blanco-Libreros et al., 2022). El mecanismo de fondo-menos agua dulce, más salinidad, más estrés es compartido por los manglares del Caribe y del Pacífico colombiano, así que este apartado lo describe primero de forma conjunta (3.3.1); las secciones siguientes (3.3.2 y 3.3.3) se concentran en las particularidades de cada costa, que sí difieren notablemente según cuánta agua dulce reciba cada sector.

## 3.3.1. Contexto: extensión y distribución de los manglares del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano

Los manglares del Caribe chocoano abarcan aproximadamente 27.000 hectáreas (Osorio & Castaño-Isaza, 2012; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016), equivalentes al 9,5 % de la cobertura nacional, y se concentran principalmente en el golfo de Urabá en las desembocaduras de los ríos Atrato, León y Turbo, donde la dinámica ecológica está determinada por la interacción entre aportes fluviales, sedimentación, salinidad y procesos estuarinos.

Los manglares del Pacífico colombiano conforman el ecosistema de manglar más extenso y productivo del hemisferio occidental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016; IDEAM et al., 2018). Albergan aproximadamente 194.880 hectáreas, equivalentes al 68,4 % de los manglares de Colombia.

Se distribuyen desde Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó y el Litoral del San Juan en Chocó, pasando por Buenaventura, Guapi, y Timbiquí en Valle del Cauca y Cauca, hasta los grandes complejos deltaicos y estuarinos de Nariño asociados a las desembocaduras de los ríos Patía, Sanquianga, Tapaje, Mira y Mataje.

## 3.3.2. Composición de especies y conectividad ecológica de los manglares del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano

Los bosques del delta del Atrato son los más extensos del Caribe chocoano; presentan dominancia de Rhizophora mangle y constituyen los mayores reservorios de biomasa y de carbono del Caribe colombiano. En sectores con menor influencia de agua dulce, como el litoral oriental entre Acandí, Necoclí, Turbo y Arboletes, predominan Avicennia germinans y Laguncularia racemosa, así como poblaciones pequeñas y aisladas de mangle piñuelo (Pelliciera rhizophorae y P. bentham), especies más tolerantes a la salinidad.

Los bosques de manglar del Pacífico colombiano coexisten 8 especies registradas (Ver tabla 13): Rhizophora mangle, R. racemosa, R. harrisonii, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa, Pelliciera rhizophorae, Mora oleifera y Conocarpus erectus. La extensa red de esteros, caños, bocanas y lagunas costeras que conecta estos bosques con las cuencas hidrográficas y el océano constituye uno de los sistemas hidrológicos más complejos del planeta y sostiene procesos ecológicos fundamentales para la biodiversidad y el bienestar de las comunidades costeras

| Familia | Especie | Litoral Caribe | Litoral Pacífico | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Antioquia | Chocó | Valle del Cauca | Cauca | Nariño |
| Rhizophoraceae | *Rhizophora mangle* | X | X | X | X | X |
| | *Rhizophora harrisonii** | X | X | X | X | X |
| | *Rhizophora racemosa* | | X | X | X | X |
| Combretaceae | *Laguncularia racemosa* | X | X | X | X | X |
| | *Conocarpus erectus* | X | X | X | X | X |
| Acanthaceae** | *Avicennia germinans* | X | X | X | X | X |
| Tetrameristaceae** | *Pelliciera rhizophorae*** | X | X | X | X | X |
| | *Pelliciera benthamii**** | X | | | | |
| Caesalpiniaceae | *Mora oleifera* | | | X | X | X |

**Tabla 13.** Distribución de las especies de mangle en el Caribe y Pacífico, tomada de INVEMAR. 2023. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2022. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 313 p.

.* Especie de mangle híbrida de acuerdo con Duke (1992) y Beentje et al. (2007). ** Familias de acuerdo con la actual clasificación en The Plant List (2013) y Trópicos (2018). *** Presencia de la especie en el golfo de Urabá determinada a partir de una imagen de la flor (Duke, 2020 basado en Blanco-Libreros et al., 2015 y Blanco-Libreros, pers. comm. 2020). *** Nuevo registro de la especie reciente del género Pelliciera (antes monotípico), de acuerdo con Duke (2020) basado en distintas fuentes de información en el Caribe colombiano (Calderón-Sáenz, 1982, 1983, 1984; Castillo-Cárdenas et al., 2015)

## 3.3.3. Efectos generales de El Niño sobre los manglares del Chocó Biogeográfico

Cuando El Niño reduce las lluvias y el caudal de los ríos, el aumento de la salinidad intersticial genera estrés osmótico en las raíces del manglar: la planta debe invertir más energía en excluir sales y mantener su potencial hídrico interno, energía que de otro modo se destinaría al crecimiento y a la producción de hojarasca

(Wang & Zhu, 2024). Este mecanismo se ha documentado en distintos manglares colombianos: en la Ciénaga Grande de Santa Marta, la variabilidad de El Niño explica gran parte de la variación interanual de la salinidad al modular tanto el aporte de agua dulce como la evaporación- y se asocia con menor crecimiento del área basal de los árboles (Jaramillo et al., 2018).

En paralelo, y sin que necesariamente ocurra en el mismo sector, El Niño también puede coincidir con episodios de lluvia intensa en cuencas de fuerte pendiente. Esas lluvias movilizan grandes volúmenes de sedimento que colmatan caños y canales mareales, reduciendo la conectividad hidrológica y el intercambio de nutrientes y organismos entre el manglar y los estuarios (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016). Conviene no confundir estas dos vías -hipersalinidad por un lado, sedimentación o colmatación por el otro-, porque responden a dinámicas hidrológicas distintas y no siempre se presentan juntas. La Figura 18 resume ambas y sus consecuencias comunes.

La reducción de la producción de hojarasca importa porque esta fracción sostiene buena parte del flujo de carbono y energía hacia sedimentos, estuarios y aguas costeras: la transforman primero hongos y bacterias, y luego la consumen macroinvertebrados como cangrejos y camarones, que a su vez alimentan a peces de importancia pesquera (Kristensen et al., 2008). La pérdida de biomasa arbórea también compromete la protección natural de la costa, las raíces zancas de Rhizophora mangle y los neumatóforos de Avicennia germinans reducen la energía del oleaje antes de que este alcance la costa (Barbier et al., 2011), y favorece la liberación de carbono acumulado durante siglos en los suelos orgánicos, transformando uno de los ecosistemas más eficientes en el almacenamiento de carbono azul en una fuente potencial de emisiones. Estos efectos generales se expresan, sin embargo, con intensidades muy distintas en el Caribe y en el Pacífico, como se detalla a continuación.




**Figura 18.** Dos vías de estrés inducidas por El Niño en los manglares del Chocó Biogeográfico, comunes al Caribe y al Pacífico colombiano: la vía de hipersalinidad (izquierda), que reduce la germinación, la supervivencia de plántulas y la producción de hojarasca, con efecto directo sobre las pesquerías artesanales; y la vía de sedimentación o colmatación (derecha), que reduce la conectividad hidrológica y el intercambio de nutrientes. Ambas pueden converger en pérdida de biodiversidad, liberación de carbono azul y mayor vulnerabilidad social, pero no siempre ocurren en el mismo sector ni con la misma dirección hidrológica (Riascos & Blanco-Libreros, 2019; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

## 3.3.4. Particularidades de los manglares del Caribe Chocano

Los manglares del Caribe chocoano cubren aproximadamente 27.000 hectáreas el 9,5 % de la cobertura nacional y se concentran principalmente en el golfo de Urabá, en las desembocaduras de los ríos Atrato, León y Turbo, donde la dinámica ecológica depende de la interacción entre los aportes fluviales, la sedimentación, la salinidad y los procesos estuarinos (Osorio & Castaño-Isaza, 2012; Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible, 2016). Los bosques del delta del Atrato son los más extensos -concentran cerca del 78,3 % de la cobertura regional-, están dominados por Rhizophora mangle y constituyen los mayores reservorios de biomasa y carbono del Caribe colombiano. En los manglares sin conexión directa con los caños tributarios del Atrato presentes en Acandí, Turbo, Necoclí y Arboletes- predominan Avicennia germinans y Laguncularia racemosa, junto con poblaciones pequeñas y aisladas de mangle piñuelo (Pelliciera rhizophorae), especies más tolerantes a la salinidad que compensan la dependencia de la lluvia local en lugar del caudal del río. Conviene aclarar que esta distinción no es geográfica Turbo, por ejemplo, está justo frente al delta, no en un litoral distante sino hidrológica: lo que determina la vulnerabilidad de cada manglar es si recibe agua dulce directamente de un caño del Atrato o si depende de la lluvia que cae localmente, algo que puede variar incluso dentro de un mismo municipio.

La particularidad más importante del Caribe chocoano es que la vulnerabilidad frente a El Niño no es uniforme dentro del propio golfo de Urabá. Investigaciones recientes en el delta del Atrato muestran que su productividad de hojarasca se mantuvo alta y estable a lo largo de un ciclo completo El Niño (2015-2016), sin una caída significativa (Riascos & Blanco-Libreros, 2019): el aporte permanente de agua dulce por los caños del Atrato amortigua buena parte del estrés que El Niño impone en otros manglares, y allí la producción de hojarasca promedia 20 ± 5 toneladas por hectárea al año, una de las cifras más altas reportadas para bosques dominados por esta especie. Los manglares sin esa conexión directa, en cambio, dependen de la lluvia local, y esta sí muestra un comportamiento marcadamente distinto en la franja Urabá-Darién: el propio seguimiento hidroclimático de la región identifica a Unguía, Carepa, Chigorodó, Apartadó, Arboletes, San Juan de Urabá y Turbo como un corredor donde predominan el incendio de cobertura vegetal y el desabastecimiento de agua, en contraste con el patrón de inundación fluvial que domina en el

Bajo Atrato ribereño (Bojayá, Vigía del Fuerte, Riosucio y Murindó). Unguía registró allí una racha de 108 días consecutivos sin lluvia en 2016 el valor más alto de toda la serie 2000-2025 y un incendio de 5.000 hectáreas dentro del DRMI Lago Azul-Los Manatíes ese mismo año, coincidiendo con esa sequía extrema. Es en los manglares expuestos a este régimen de menor lluvia local y sin acceso directo al caudal del Atrato donde es esperable que se limite la germinación y la supervivencia de las plántulas, se reduzca la regeneración natural y se incremente el estrés fisiológico de los árboles (Riascos et al., 2018; Sánchez-Núñez et al., 2023).

Las condiciones de sequía también favorecen la acumulación de material combustible y aumentan la susceptibilidad de estos ecosistemas a incendios de origen antrópico, cuya recuperación suele ser lenta porque se altera al mismo tiempo la vegetación y la dinámica hidrológica del manglar. Un antecedente representativo ocurrió en el Distrito Regional de Manejo Integrado Ensenada de Rionegro, en Necoclí: en mayo de 2020 un incendio afectó cerca de 375 ha de humedales y 15 ha de manglar, y en 2015 otro evento había consumido más de 4.000 ha de humedales y bosques inundables, ambos asociados a quemas antrópicas favorecidas por la sequía (Gobernación de Antioquia, 2015; Paz Cardona, 2020; Revista Semana, 2020) y consistente con el régimen de sequías e incendios que caracteriza a todo el corredor Urabá-Darién. La Figura 19 resume estas particularidades del golfo de Urabá.

En los manglares sin conexión directa al río, donde ya se presentan procesos de degradación, un evento de El Niño que reduzca aún más su cobertura podría acelerar la erosión en playas como las de Necoclí y Turbo. Todo esto repercute en el bienestar de las comunidades del Caribe chocoano: la pesca artesanal de camarones, jaibas, róbalos y pargos en los estuarios y canales del golfo de Urabá es una de las principales fuentes de proteína e ingresos para miles de familias de Acandí, Unguía,

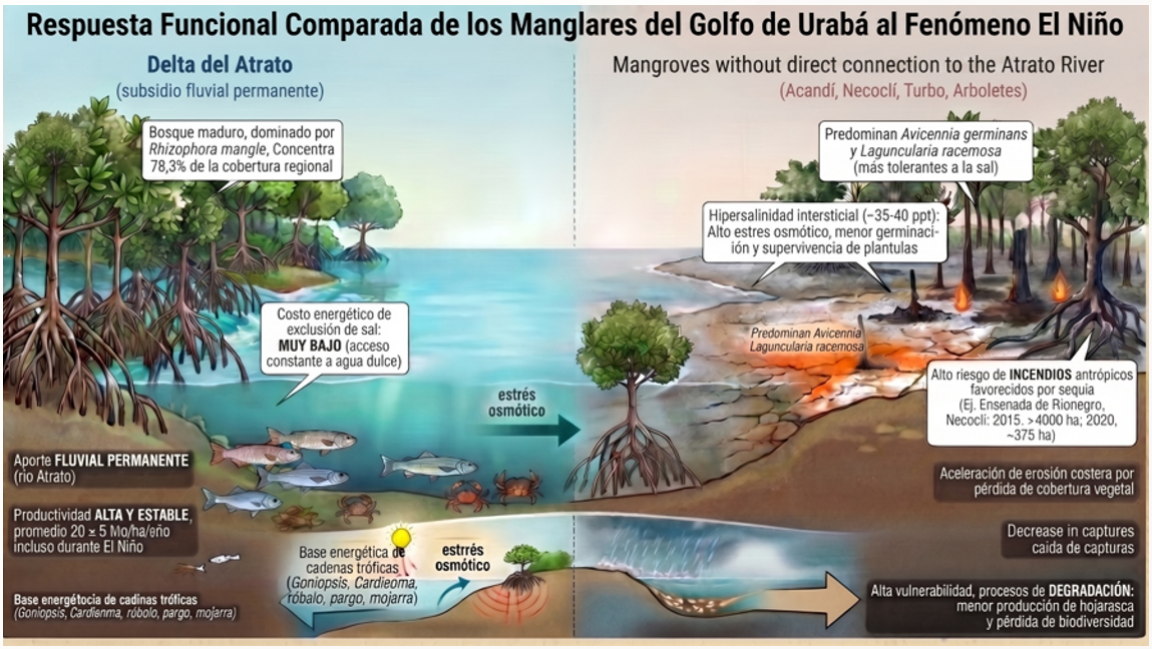



**Figura 19.** Respuesta funcional comparada de los manglares del golfo de Urabá frente a El Niño: en el delta del Atrato (izquierda), el aporte directo de los caños distributarios mantiene un costo energético de exclusión de sal muy bajo y una productividad de hojarasca alta y estable (20 ± 5 t/ha/año) incluso durante el fenómeno; en los manglares sin esa conexión directa -presentes en Acandí, Turbo, Necoclí y Arboletes- (derecha), la dependencia de la lluvia local y la hipersalinidad intersticial (35-40 ppt) reducen la germinación y aumentan el riesgo de incendios, como los registrados en la Ensenada de Rionegro, Necoclí (2015 y 2020) y en el DRMI Lago Azul-Los Manatíes, Unguía (2016) (Riascos & Blanco-Libreros, 2019; Riascos et al., 2018; Gobernación de Antioquia, 2015; Paz Cardona, 2020). Nota: la etiqueta "litoral oriental" que aparece dentro de la figura debe reemplazarse por "manglares sin conexión directa al cauce del Atrato", ya que la diferencia real entre los dos paneles es hidrológica -qué tanta agua dulce del río llega a cada manglar-, no geográfica: Turbo, por ejemplo, está justo frente al delta y no en un litoral distante.

Turbo, Necoclí y Arboletes, y cuando las capturas caen, los pescadores deben recorrer distancias mayores, con más costos y más exposición a riesgos en el mar. En el delta del Atrato, además, los manglares sostienen prácticas culturales ancestrales de las comunidades negras e indígenas pesca tradicional, uso de nasas, recolección de recursos y aprovechamiento de madera para construcción artesanal cuya permanencia depende de la integridad ecológica de este ecosistema.

Vale la pena subrayar, sin embargo, que estos impactos rara vez responden solo al clima: en el Caribe colombiano, los efectos de sequías e inundaciones asociadas a El Niño suelen interactuar con presiones acumulativas sobrepesca, expansión agrícola, infraestructura y con capacidades institucionales limitadas, lo que puede generar respuestas de adaptación poco efectivas (Touza et al., 2021; Villate Daza et al., 2020). Por eso conviene entender a El Niño como un multiplicador de estrés sobre sistemas ya condicionados por otras transformaciones, más que como la única causa de la degradación del manglar.

## 3.3.5. Particularidades de los manglares del Pacífico colombiano

Los manglares del Pacífico colombiano conforman el ecosistema de manglar más extenso y productivo del hemisferio occidental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016; IDEAM et al., 2018). Cubren aproximadamente 194.880 hectáreas -el 68,4 % de los manglares de Colombia- y albergan 8 de las 9 especies registradas en el país: Rhizophora mangle, R. racemosa, R. harrisonii, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa, Pelliciera rhizophorae, Mora oleifera y Conocarpus erectus. Se distribuyen desde Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó y el litoral del San Juan, en Chocó, pasando por Buenaventura, Guapi y Timbiquí, en Valle del Cauca y Cauca, hasta los grandes complejos deltaicos y estuarinos de Nariño en las desembocaduras de los ríos Patía, Sanquianga, Tapaje, Mira y Mataje. A diferencia del Caribe chocoano, aquí no hay un único río que concentre el subsidio de agua dulce: son siete cuencas independientes -San Juan, Baudó, Patía, Mira, Mataje, Tapaje y Sanquianga- las que sostienen la conectividad entre manglares, estuarios, pastos marinos y arrecifes, y de ella dependen recursos de gran importancia económica y cultural, entre ellos la piangua

(Anadara tuberculosa y A. similis), cangrejos de manglar, jaibas, camarones estuarinos y numerosas especies de peces. Se estima que entre el 70 y el 75 % de las especies de importancia pesquera del Pacífico tropical dependen de los manglares y los estuarios en alguna etapa de su ciclo de vida (Sheaves et al., 2016), y la extracción de piangua sustenta directamente a más de 11.000 mujeres piangüeras en Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño.

Durante El Niño, el aumento de la temperatura superficial del océano y la disminución relativa de las lluvias reducen los caudales de esos siete ríos, lo que favorece el avance de la cuña salina hacia el interior de los estuarios. La respuesta funcional comienza cuando la salinidad intersticial supera de forma sostenida los 35-40 partes por mil: el costo energético de la regulación osmótica aumenta y disminuyen los recursos disponibles para el crecimiento y la reproducción (Riascos et al., 2018). En los complejos deltaicos de Nariño-Patía, Sanquianga, Tapaje, Mira y Mataje, donde Rhizophora racemosa, R. harrisonii y Avicennia germinans tienen tolerancias salinas distintas, el avance de la cuña reorganiza la zonación espacial del manglar y, en los casos más severos, puede causar la mortalidad de las especies menos tolerantes. Un antecedente local ocurrió entre 2009 y 2010, durante un evento de

El Niño de intensidad moderada: el complejo Mira-Mataje, en el litoral nariñense, registró pérdidas de cobertura asociadas a la interacción entre esas condiciones climáticas y la expansión de la palma africana, afectando más de 4.200 hectáreas de manglar en territorios colectivos de Tumaco, Mosquera y La Tola (Invemar, 2013; IDEAM et al., 2018) un buen ejemplo de que El Niño rara vez actúa solo. Vale la pena un matiz: esta respuesta no es lineal ni permanente, y descensos fuertes de salinidad durante La Niña favorecen el reclutamiento y la recuperación de los bosques afectados (Sánchez-Núñez et al., 2023).

Entre los recursos más vulnerables está la piangua, cuya supervivencia, crecimiento y reproducción dependen estrechamente de los gradientes de salinidad, la temperatura y la disponibilidad de materia orgánica en los sedimentos del manglar. Como moluscos filtradores que viven enterrados en sustratos anóxicos, responden con sensibilidad a estas alteraciones: se ha documentado que salinidades superiores a 35 ppt o inferiores a 5 ppt, y temperaturas del agua superiores a 30 °C mantenidas varias semanas, incrementan significativamente su mortalidad (Mora-Sánchez & Mancera-Pineda, 2006; Lucero et al., 2020). En 2025, el Consejo Comunitario Las Varas, en Tumaco, registró la recolección de cerca de 12.866 conchas en una sola semana, una cifra que ilustra la magnitud de un recurso que depende por completo de la integridad ecológica del manglar; en un escenario de estrés climático prolongado, es esperable una reducción de las densidades de moluscos, de las capturas, y un desplazamiento hacia zonas de extracción más alejadas.

Los efectos de El Niño en el Pacífico colombiano no son uniformes: pese a la reducción relativa de las lluvias, la región sigue siendo una de las más húmedas del planeta, y sus cuencas cortas, caudalosas y de fuerte pendiente permiten que episodios puntuales de lluvia intensa muevan grandes volúmenes de sedimento hacia esteros, bocanas y lagunas costeras. Cuando la colmatación de caños y bocanas persiste, disminuye la influencia salina y el manglar puede continentalizarse, favoreciendo la expansión de especies de agua dulce como Pterocarpus officinalis y Acrostichum aureum. El caso más documentado es el de Bocas de Satinga, Nariño, donde la apertura del Canal Naranjo en 1973 sustituyó cerca de 1.200 hectáreas de manglar por vegetación de agua dulce (Osorio & Castaño-Isaza, 2012); la Figura 20 ilustra este mecanismo, distinto al de la hipersalinidad y particularmente relevante en el Pacífico colombiano por la magnitud de sus cuencas.

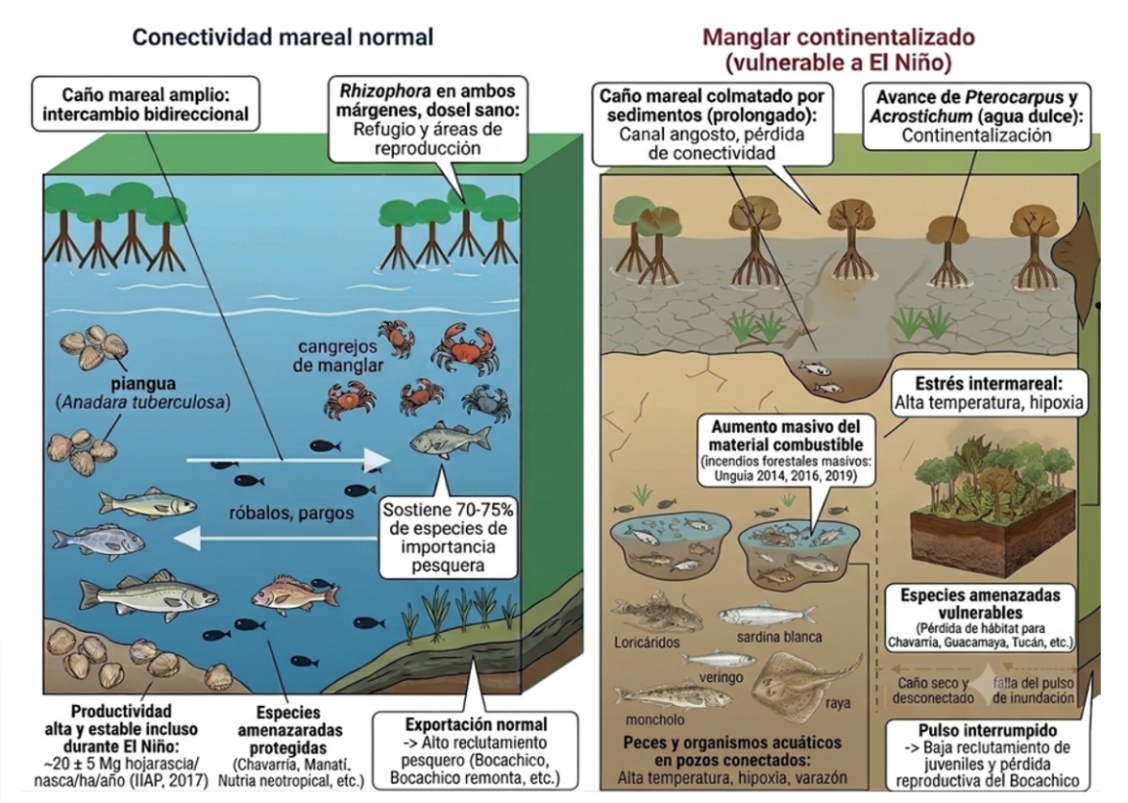



**Figura 20.** Pérdida de conectividad mareal y continentalización de manglares en el Pacífico colombiano: un caño con intercambio mareal normal (izquierda) frente a un manglar continentalizado tras colmatación prolongada por sedimentos (derecha), como ocurrió en Bocas de Satinga tras la apertura del Canal Naranjo en 1973, con la consecuente expansión de especies de agua dulce en reemplazo del manglar (Osorio & Castaño-Isaza, 2012; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016).

Esta transformación reduce la exportación de materia orgánica, larvas y juveniles hacia los estuarios, y con ello la productividad del sistema pesquero costero. En manglares neotropicales en general, cerca de 5,8 millones de toneladas de carbono fijado en la hojarasca se exportan cada año a estuarios y aguas costeras (Ribeiro et al., 2019), y en Bahía Málaga, en el Pacífico colombiano, el manglar aporta el 96 % de la biomasa del sistema trófico local (Castellanos-Galindo et al., 2017) una referencia útil para dimensionar cuánto depende la productividad pesquera de este subsidio-. La degradación funcional también compromete el papel

del manglar como sumidero de carbono azul: a diferencia del Caribe, en el Pacífico colombiano la mayor fracción del carbono se encuentra en la biomasa subterránea y en los sedimentos (Peñaranda et al., 2019), que en la costa pacífica sur almacenan en promedio 270,32 ± 52,75 toneladas de carbono por hectárea (Moreno Muñoz et al., 2024).

Todo esto repercute directamente en el bienestar de las comunidades afrodescendientes e indígenas del litoral Pacífico. La menor productividad biológica del manglar reduce la disponibilidad de peces, crustáceos y moluscos, incrementa el esfuerzo de extracción y afecta la seguridad alimentaria y los ingresos familiares. Las más de 11.000 mujeres piangüeras de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño enfrentarían, durante un evento intenso de El Niño, menores capturas, más tiempo de recolección y desplazamientos hacia zonas más remotas con mayores costos físicos y económicos.

En municipios como Tumaco, Mosquera, La Tola, El Charco, Francisco Pizarro, Olaya Herrera y Santa Bárbara de Iscuandé, donde el manglar es el principal ecosistema productivo accesible para las comunidades rurales, su deterioro no tiene sustitutos económicos ni alimentarios equivalentes. Como en el Caribe, conviene leer estos impactos como el resultado de El Niño interactuando con presiones humanas previas -deforestación, expansión de cultivos, obras de infraestructura- y no como una consecuencia exclusiva del clima (Villate Daza et al., 2020; Bolívar-Anillo et al., 2023), lo que convierte la vulnerabilidad ecológica del manglar en una vulnerabilidad social de gran magnitud.

## 3.4. Respuesta funcional de los complejos cenagosos bosques inundables del Caribe y deltas, bosques inundables del Pacífico.

Los humedales del Chocó Biogeográfico son el eje de la regulación hídrica de las planicies inundables y sostienen gran parte de la productividad pesquera regional. Su funcionamiento depende del pulso de inundación, un proceso que depende en buena medida de que exista conectividad lateral entre estos ambientes, que incide en el ciclo natural de subida y bajada del nivel del agua que, año tras año, intercambia agua, nutrientes, sedimentos y organismos entre los ríos, las ciénagas y las planicies inundables (Tockner et al., 2000).

Durante los eventos intensos de El Niño, la disminución de los caudales altera este pulso, reduce la conexión entre los cuerpos de agua y afecta procesos esenciales como la reproducción de los peces, la producción primaria y el reciclaje de nutrientes, con efectos en cadena sobre la biodiversidad y la seguridad alimentaria de las comunidades ribereñas (Junk et al., 1989; Junk & Wantzen, 2004; IIAP, 2017).

Este apartado distingue dos sistemas de humedales con dinámicas hidrológicas distintas: los del sistema Atrato-Caribe, dominados por el desbordamiento periódico de un río de caudal continental, y los del sistema Pacífico, donde la inundación depende tanto de los ríos como de la marea. Esta diferencia de origen hace que respondan a El Niño de forma distinta y por eso aquí se tratan por separado.

## 3.4.1. Contexto de los humedales del sistema Atrato-Caribe

Los complejos de humedales del Bajo y Medio Atrato se distribuyen entre los municipios de Unguía, Riosucio, Carmen del Darién, Bojayá, Vigía del Fuerte y Murindó, e incluyen sistemas como el Delta del Atrato-Unguía, Peranchó-Domingodó, Tumaradó-Curvaradó, Solorza-Montaño, Socolora-Montaño, Isla Grande del Atrato, Jiguamiandó-Chajeradó, Bojayá-Buchadó y Murrí-Arquía. Estos complejos incluyen humedales emblemáticos como Marriaga, Arquía, El Puerto, Tumaradó, Puente América, La Honda, La Grande, Yarumal, Isla de los Palacios, Pedeguita-Murindó y Caimán Nuevo, conformando una extensa red de ciénagas, caños, bosques inundables y planicies aluviales conectadas funcionalmente al corredor fluvial Atrato-Turbo-Necoclí (Codechocó, 2008). A estos sistemas se suman los humedales del Medio Atrato, con cerca de 47 ciénagas, entre las que destacan Achuarra, La Grande de Beté, La Honda y La Quesada. En conjunto, representan aproximadamente 1.962.866 hectáreas y constituyen uno de los sistemas continentales de humedales más extensos y mejor conservados de Colombia (IIAP, 2008).

### 3.4.1.1. Efectos ocasionados por el niño en los humedales del sistema Atrato-Caribe

Los efectos de las sequías asociadas a El Niño sobre estos humedales no son iguales en todas partes: dependen del tamaño de cada ciénaga, de su profundidad y de qué tan conectada esté al río Atrato y a sus afluentes. Las ciénagas grandes, como Unguía, Montaño, Anchuarra y Beté, conservan buena parte de su volumen de agua durante los períodos secos.

Las ciénagas someras como Arena, La Larga, Palo Blanco, Ogodó, La Islita y La Redondita, junto con los caños de intercambio, las madreviejas y los humedales aislados, son mucho más vulnerables: a medida que baja el nivel del agua, pueden fragmentarse en pequeños pozos o sectores encharcados, donde peces, crustáceos y otros organismos acuáticos quedan atrapados (Figura 21).

Cuando esto ocurre, sube la temperatura del agua, baja el oxígeno disuelto y se concentran los contaminantes, una combinación que puede desencadenar hipoxia, es decir, un déficit de oxígeno tan severo que los peces empiezan a morir en masa, fenómeno que las comunidades locales conocen como varazón. Los más afectados suelen ser los peces de fondo, de baja movilidad y dependientes del sustrato, como los loricáridos guacucos (Ancistrus centrolepis, Sturisomatichthys panamensis, Dasyloricaria latiura, Spatuloricaria atratoensis, Hypostomus hondae) y los charres o gúngumas (Pimelodus punctatus y Pimelodus sp.). Un caso documentado ocurrió en la ciénaga de Unguía: tras un incendio forestal en marzo de 2014, la comunidad de El Puerto reportó en agosto del mismo año una mortandad masiva de peces como sardina blanca (Astyanax atratoensis), veringo (Sternopygus aequilabiatus), roño (Hoplosternum punctatum), boquipompo (Cyphocharax magdalenae), guacuco (Rineloricaria atratoensis), barbudo (Rhamdia guatemalensis), caga (Trachelyopterus insignis) y raya (Potamotrygon magdalenae), que el IIAP atribuyó a hipoxia generada por la combinación de bajo nivel de agua, alta temperatura y escasa renovación hídrica durante el período seco (IIAP, 2014; Hora 13 Noticias, 2014). El caso mejor documentado es el de la ciénaga Remacho, en Murindó, donde el IIAP registró mortandades de bocachico (Prochilodus magdalenae), boquipompo, quícharo (Hoplias microlepis), mojarra amarilla (Caquetaia kraussii) y mojarra cocó (Andinoacara latifrons).

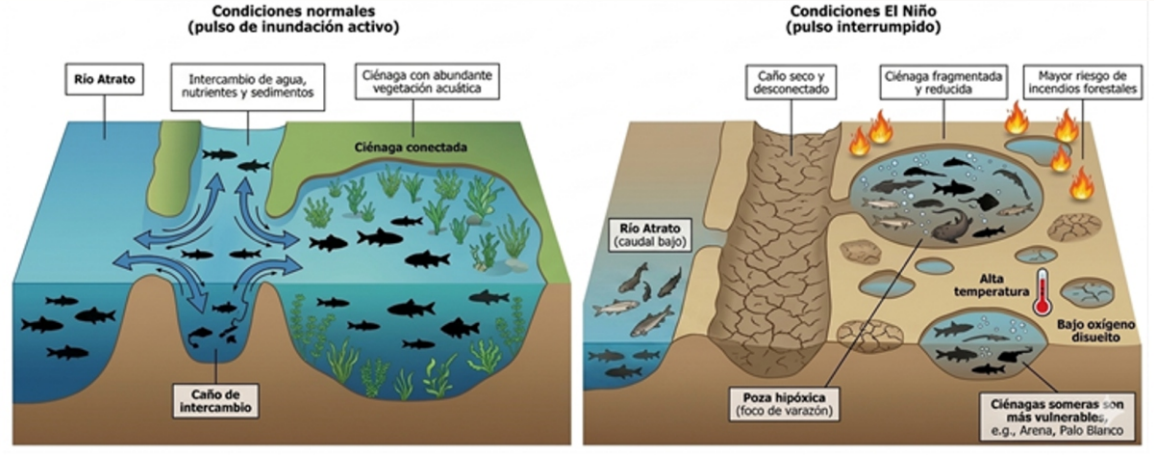
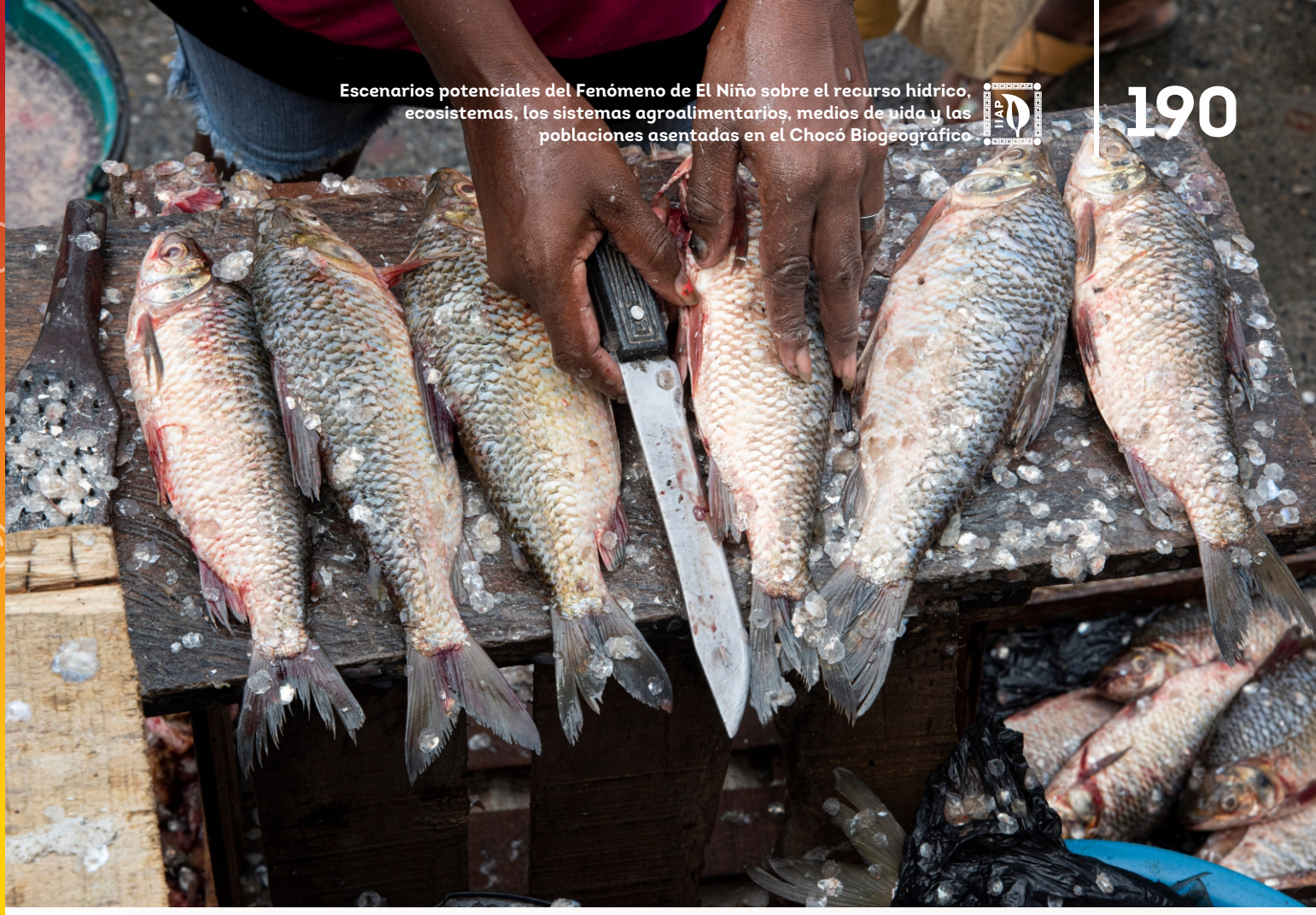



**Figura 21.** Comparación esquemática de la conectividad hidrológica entre el río Atrato y una ciénaga lateral en condiciones normales (izquierda) y durante un evento de El Niño (derecha), cuando la caída del caudal seca el caño de intercambio y aísla la ciénaga (IIAP, 2017).

El descenso del nivel freático durante los períodos secos también incrementa el riesgo de incendios forestales. Los suelos orgánicos del Bajo Atrato, formados bajo humedad permanente y con contenidos de materia orgánica que pueden superar el 40 % en peso seco (Page et al., 2011), se oxidan con rapidez cuando quedan expuestos durante periodos prolongados, lo que aumenta el material combustible disponible incluso en ecosistemas que históricamente han estado inundados, un mecanismo de oxidación acelerada del suelo orgánico que se ha estudiado con mayor detalle en turberas tropicales de otras regiones del mundo, como el sudeste asiático, y que aquí se aplica por analogía funcional más que por evidencia directa del Atrato (Hirano et al., 2014). En 2014, un incendio en la ciénaga de Unguía afectó cerca de 3.035 ha de bosque natural dentro del Distrito Regional de Manejo Integrado Lago Azul Los Manatíes; los incendios de 2016 y 2019 ampliaron ese daño a más de 51.661 ha de bosque natural en distintos sectores del Bajo Atrato (IIAP, 2021). Esta pérdida de cobertura reduce el hábitat disponible para especies amenazadas como la chavarría (Chauna chavaria), la guacamaya verde limón



(Ara ambiguus), el tucán del Chocó (Ramphastos brevis), el manatí antillano (Trichechus manatus), la nutria neotropical (Lontra longicaudis), el jaguar (Panthera onca) y el mono araña del Chocó (Ateles fusciceps rufiventris), catalogado en Peligro Crítico por la UICN (IUCN, 2024).

El ciclo de vida del bocachico (Prochilodus magdalenae) muestra con claridad cómo la reducción del pulso de inundación puede desarticular la reproducción de un pez. Con el inicio de las aguas bajas, el bocachico abandona las ciénagas y remonta los ríos en la migración conocida como la subienda; con la llegada de las lluvias, inicia la bajanza, durante la cual desova, y las aguas de desborde arrastran huevos y larvas hacia las planicies inundadas. Cada hembra produce entre 150.000 y más de 1.000.000 de huevos por postura, una cifra tan alta precisamente porque la mortalidad natural durante la deriva larvaria es igual de alta;

cuando el pulso hidrológico falla, gran parte de esa inversión reproductiva puede perderse en un solo evento (Mojica et al., 2012). Otras especies de importancia pesquera el dentón (Megaleporinus muyscorum), la doncella (Ageneiosus pardalis), el barbudo (Rhamdia guatemalensis), el moncholo o quícharo (Hoplias microlepis) y varios loricáridos, dependen igualmente de la conexión entre el río, los caños, las ciénagas y las planicies inundables para alimentarse, crecer y, en muchas especies, reproducirse. Cuando el pulso disminuye y estos ambientes dejan de conectarse, cae el reclutamiento de juveniles, es decir, la cantidad de peces jóvenes que logran sobrevivir e incorporarse a la población adulta, por esta razón se reduce la productividad pesquera de los humedales.

## 3.4.1.2. Procesos funcionales de los humedales del sistema Atrato-Caribe frente a eventos de El Niño

La respuesta funcional de estos humedales frente a El Niño comienza con una caída de la productividad primaria acuática, causada por la desaparición de las macrófitas, que son las plantas acuáticas sumergidas, flotantes y emergentes que constituyen la base energética del ecosistema. Especies como Nymphoides humboldtiana, Cabomba haynesii, Ludwigia sedoides y varias Ludwigia spp. y Utricularia foliosa necesitan luz suficiente y un nivel de agua estable para completar su ciclo de vida; cuando las sequías de El Niño bajan el nivel de las ciénagas por debajo de sus mínimos históricos, estas plantas pierden la lámina de agua que las sostiene, mientras que la mayor turbidez causada por sedimentos y algas reduce la luz disponible por debajo de lo necesario para la fotosíntesis (IIAP, 2017). Durante el evento El Niño 2014-2016, el IIAP documentó en las ciénagas del Medio Atrato la desaparición de Cabomba haynesii y Ludwigia

sedoides, y la reducción de la cobertura de Nymphoides humboldtiana, con una caída de energía disponible para el zooplancton, los macroinvertebrados y los peces herbívoros que persistió durante varios años después del evento

Esta pérdida trasciende lo puramente vegetal: las macrófitas son el sustrato del perifitón (la capa de microorganismos que crece sobre ellas), dan refugio a larvas y juveniles de peces, proveen hábitat a los macroinvertebrados y son zona de alimentación y reproducción para aves, reptiles y mamíferos (Junk et al., 1989; Mosquera-Murillo, 2020). En humedales neotropicales se ha documentado que la cobertura de macrófitas puede sostener densidades de macroinvertebrados entre 3 y 10 veces superiores a las de áreas sin vegetación acuática, aunque esta proporción varía según el sector y el tipo de humedal y no debe generalizarse a toda la cuenca (Poi de Neiff & Neiff, 2006; Bertoncin et al., 2022). El patrón se repite en otras planicies inundables neotropicales, donde las zonas con macrófitas sostienen mayor riqueza y equidad de peces que las áreas sin vegetación, y esa relación se refuerza con la complejidad estructural del parche vegetal (Gomes et al., 2012; Dias et al., 2017). Vale la pena un matiz: el propio pulso de inundación puede homogenizar temporalmente los ensamblajes de peces justo después de una creciente, atenuando por un tiempo la ventaja que ofrecen las zonas vegetadas (Gomes et al., 2012), una muestra de que la relación entre macrófitas y fauna acuática no es fija, sino que cambia con el ciclo hidrológico. En conjunto, esta evidencia confirma que menos macrófitas significa menos oxígeno producido por fotosíntesis, menos refugio y menos alimento disponible para la fauna acuática, y una menor capacidad del humedal para sostener la producción pesquera regional.

La pérdida de macrófitas y la reducción del volumen de agua favorecen al mismo tiempo el aumento de temperatura, la

acumulación de materia orgánica y la caída del oxígeno disuelto, generando condiciones de hipoxia. Las varazones son la cara más visible de este proceso, pero no la única: la falta de oxígeno también altera el comportamiento reproductivo de los peces, porque la energía que normalmente se invertiría en el cortejo, la defensa de territorios de desove y la competencia entre machos debe redirigirse al mantenimiento básico de las funciones vitales (Wu, 2009). Esto reduce la probabilidad de fecundación y el número de nuevas crías que logran incorporarse a la población, incluso en peces que sobreviven al episodio de bajo oxígeno.

El mecanismo es especialmente relevante para especies que sincronizan su reproducción con el pulso anual de inundación como el bocachico, el dentón, la mojarra amarilla y la doncella, porque cuando la sequía genera hipoxia justo en la temporada en que estas especies desovarían, se afectan a la vez la supervivencia, la migración, el cortejo y el éxito del desove, lo que retrasa la recuperación de la población durante varios ciclos reproductivos, no solo el que coincide con el evento de El Niño. Este patrón coincide con lo observado en otros humedales estacionales tropicales y neotropicales, donde los períodos secos se asocian de forma consistente con una simplificación de la red trófica y con una menor abundancia y diversidad de peces y macroinvertebrados que durante las aguas altas (Flood et al., 2022; Munyai et al., 2023). La Figura 22 resume estas dos vías, la de conectividad e hipoxia, y la de productividad primaria, y su convergencia en la caída de la producción pesquera de los humedales del Atrato-Caribe.

La disminución de los caudales del Atrato también interrumpe la conexión entre el cauce principal y las ciénagas laterales, lo que limita el ingreso de larvas y alevinos a las planicies inundadas, donde normalmente encuentran refugio, alimento y buenas condiciones para crecer (Junk et al., 1989; Mojica et al., 2012).

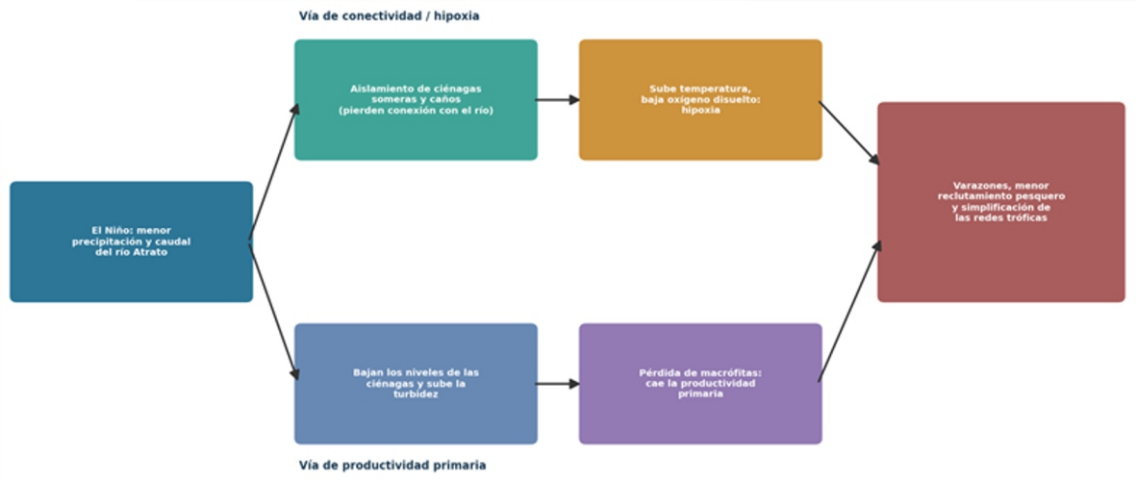



**Figura 22.** Vías paralelas de estrés inducidas por El Niño en los humedales del sistema Atrato-Caribe: una vía de conectividad hidrológica (aislamiento de ciénagas → hipoxia → varazones) y una vía de productividad primaria (descenso del nivel de agua y turbidez → pérdida de macrófitas), que convergen en la simplificación de las redes tróficas y la caída del reclutamiento pesquero (Junk et al., 1989; IIAP, 2017; Wu, 2009).

Evidencia de otras planicies inundables tropicales confirma que buena parte del reclutamiento de peces depende directamente de la intensidad y el momento del pulso de inundación (Wang et al., 2019), y que la coexistencia de las distintas especies de peces en estos sistemas depende de que esa conectividad estacional se mantenga (Van Der Sleen & Rams, 2023); la estructura de las comunidades de peces cambia de forma marcada entre los períodos secos y lluviosos, y esa diferencia se acentúa cuando la hidrología restringe la conexión entre hábitats (Sacramento et al., 2024). En el bocachico, cuya reproducción depende estrechamente de la llegada de una creciente, la ausencia de esta puede impedir el reclutamiento de toda una cohorte, un efecto que solo se refleja en la biomasa pesquera dos o tres años más tarde. El aislamiento de las ciénagas agrava además el riesgo de hipoxia y mortandad descrito antes, como ocurrió en la ciénaga Remacho, en Murindó (IIAP, 2017).

Estas alteraciones se propagan hacia arriba en la cadena alimentaria. La biomasa de peces sostiene a depredadores como la nutria neotropical (Lontra longicaudis), la babilla (Caiman crocodilus), la garza real (Ardea cocoi) y el martín pescador gigante (Megaceryle torquata) (Defler, 2010; IUCN, 2024); cuando la productividad cae por hipoxia, pérdida de macrófitas o varazones, estos depredadores enfrentan déficits de alimento que aumentan su mortalidad o los obligan a desplazarse hacia zonas intervenidas. En reptiles como la babilla y la icotea del Atrato (Trachemys medemi), además, la temperatura de incubación determina el sexo de las crías, de modo que un calentamiento prolongado puede alterar la proporción de machos y hembras y comprometer la viabilidad futura de la población (Janzen, 1994; Noble et al., 2018).

Todo esto repercute, finalmente, en el bienestar de las comunidades negras e indígenas de las planicies inundables del sistema Atrato-Caribe: Murindó, Vigía del Fuerte, Bojayá, Medio Atrato, Carmen del Darién y Riosucio, en el Chocó, y Turbo y Murindó, en Antioquia. El bocachico, el dentón, la doncella, el quicharo, el barbudo, los bagres y la mojarra amarilla son la principal fuente de proteína animal para cientos de familias rurales; cuando una varazón elimina en pocos días buena parte de esa biomasa, justo en una época en que la sequía también afecta la agricultura, las comunidades pierden simultáneamente su principal fuente de alimento.

La degradación del hábitat compromete además la permanencia de especies emblemáticas como el manatí antillano, el jaguar y el mono araña del Chocó, cuya presencia es parte del patrimonio biológico, cultural y territorial de las comunidades ribereñas.

## 3.4.2. Contexto de los humedales del sistema Pacífico

En las cuencas del Pacífico predominan amplias llanuras de inundación sujetas tanto a los pulsos fluviales como a la influencia mareal. Allí se desarrollan extensos natales (Mora oleifera), guandales (Otoba gracilipes, Campnosperma panamense, Euterpe oleracea), sajales (C. panamense) y naidizales (E. oleracea), asociados a esteros, caños mareales, madreviejas, pozos, ciénagas y otros humedales interconectados que suman alrededor de 273.513 hectáreas. A diferencia de los complejos cenagosos del Caribe, donde predominan las inundaciones por desbordamiento periódico de los ríos, en el Pacífico la dinámica ecológica depende de la interacción permanente entre aguas continentales, precipitaciones excepcionalmente altas y pulsos mareales, que facilitan el transporte de nutrientes, sedimentos, materia orgánica y organismos acuáticos a través de toda la red hidrográfica

## 3.4.2.1. Efectos ocasionados por el niño en los humedales del sistema Pacífico

El fenómeno de El Niño modifica la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas marinos del Pacífico oriental al debilitar las surgencias, que son corrientes que suben agua fría y rica en nutrientes desde el fondo del mar, e incrementar la temperatura superficial y reducir el aporte de nutrientes desde aguas profundas, lo que altera la distribución, la migración y la disponibilidad de alimento de numerosas especies, con efectos directos sobre la productividad pesquera (Bertrand et al., 2020; Lluch-Cota & Lluch-Cota, 2025). En el Pacífico colombiano, esto se ha traducido en cambios documentados en la abundancia, distribución y reproducción de especies comerciales como la carduma (Cetengraulis mysticetus) y el camarón blanco

(Litopenaeus occidentalis), asociados a la variabilidad climática del El Niño (Beltrán-León, 2002; Díaz-Ochoa, 2003; Díaz-Ochoa & Quiñones, 2008). No existen estudios que atribuyan mortandades masivas de peces exclusivamente a este fenómeno en la región, pero la evidencia disponible indica que el aumento de temperatura, la menor productividad primaria y la alteración del oxígeno disponible reducen la resiliencia de los ecosistemas acuáticos y pueden favorecer episodios de mortalidad cuando coinciden con otros factores de estrés, como la carga orgánica, la contaminación, la sedimentación o la reducción de caudales (Bertrand et al., 2020; FAO, 2024; Lluch-Cota & Lluch-Cota, 2025).

Los efectos más severos de las sequías de El Niño suelen concentrarse en los estuarios interiores de los deltas de los ríos Baudó y San Juan, en el Chocó, y en los complejos deltaicos de los ríos Naya, Patía, Mira y Mataje, en los departamentos de Cauca y Nariño, donde la reducción de caudales permite que la cuña salina, que es la lengua de agua marina que se introduce por debajo del agua dulce, avance hacia el interior de los sistemas acuáticos y desplace los gradientes de salinidad que regulan dónde vive cada especie (Figura 23). Róbalos (Centropomus spp.), corvinas (Cynoscion spp.), lisas (Mugil spp.) y camarones estuarinos usan las lagunas costeras y los planos de inundación como refugio y zona de alimentación en sus primeras etapas de vida; cuando esos hábitats se contraen, aumentan la competencia y la depredación, y cae el reclutamiento de juveniles, con efectos sobre la pesca que pueden durar meses o años después del evento.

Las lluvias extremas, aunque menos frecuentes durante El Niño, generan perturbaciones igual de importantes por la fuerte pendiente y el carácter torrencial de ríos como el Baudó, San Juan, Naya, Dagua, Patía, Mira y Mataje (Figura 23): los eventos de lluvia intensa producen crecidas abruptas que expanden

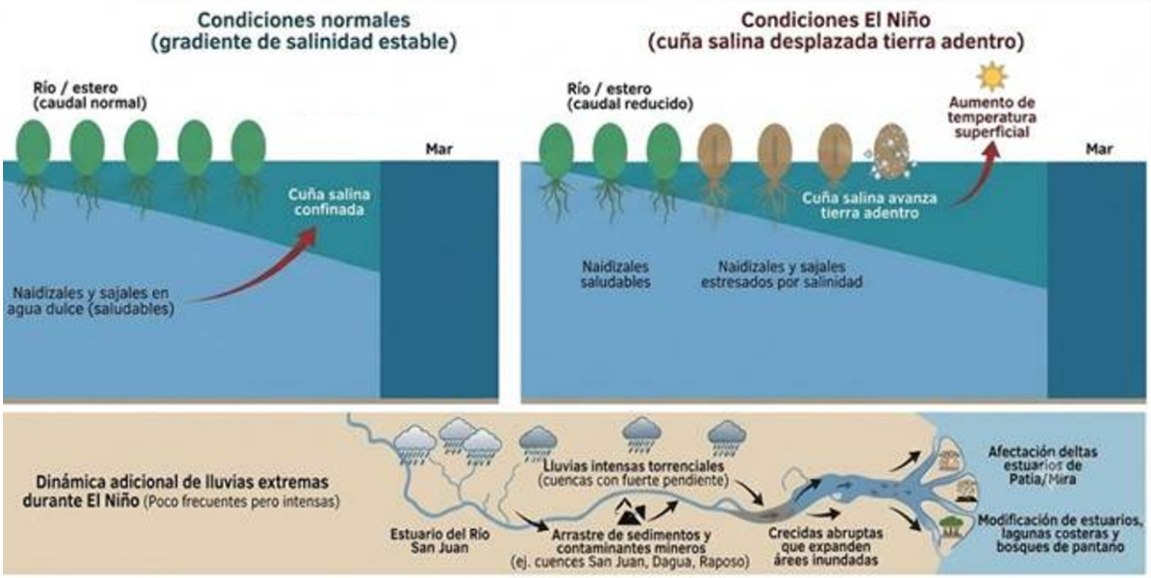



**Figura 23.** Comparación esquemática del gradiente de salinidad en un estero del Pacífico colombiano en condiciones normales (izquierda), con la cuña salina confinada cerca de la costa, y durante un evento de El Niño (derecha), cuando la menor descarga fluvial permite que la cuña avance tierra adentro y exponga a los naidizales y sajales a estrés salino (Largier, 2010). Dinámica de las crecientes en lluvias extremas (abajo).

rápidamente las áreas inundadas y modifican la dinámica de estuarios, lagunas costeras y bosques de pantano, con efectos particularmente notorios en los deltas del Patía y el Mira, en los estuarios del Naya y el San Juan, y en los humedales del bajo Baudó. En cuencas con actividad minera, especialmente San Juan, Dagua y Raposo, estas lluvias arrastran además sedimentos contaminados hacia los humedales costeros, aumentando la exposición de los organismos acuáticos a esos contaminantes. Aun cuando la duración de un evento de El Niño sea relativamente corta, la magnitud de estas alteraciones hidrológicas puede desencadenar impactos ecológicos de largo plazo en la biodiversidad acuática del Pacífico colombiano.

## 3.4.2.2. Procesos funcionales de los humedales del sistema Pacífico colombiano frente a eventos de El Niño

La principal respuesta funcional de estos humedales frente a El Niño es el desplazamiento de los gradientes de salinidad que ordenan las comunidades biológicas de los estuarios: cuando bajan los caudales, la cuña salina avanza hacia el interior de ríos y esteros y desplaza las condiciones de agua dulce y salobre que estos sistemas necesitan, exponiendo a numerosas especies a concentraciones de sal que superan su tolerancia fisiológica y afectan su distribución, crecimiento y supervivencia (Largier, 2010). Los naidizales (Euterpe oleracea) y los sajales (Campnosperma panamense), muy extendidos en los estuarios del Pacífico chocoano y vallecaucano, son particularmente sensibles: toleran bien la inundación permanente de agua dulce, pero no la intrusión salina prolongada, y su deterioro reduce la producción de hojarasca y detritos que alimenta la red trófica estuarina.

Ese mismo desplazamiento de la salinidad altera el ciclo de vida de peces y crustáceos que usan los estuarios para reproducirse, criar sus larvas y crecer. El róbalo (Centropomus nigrescens y C. armatus), las corvinas (Cynoscion albus y C. stolzmanni), la lisa (Mugil cephalus) y el camarón tití (Xiphopenaeus riveti) dependen de la mezcla de agua dulce y marina para completar sus primeras etapas de vida; cuando esa zona de transición se desplaza o se reduce, disminuyen los hábitats de crianza disponibles, aumenta la competencia por alimento y refugio, y sube la mortalidad de larvas y juveniles, con menos reclutamiento hacia la población adulta (Blaber, 2000). En los deltas del Patía y el Mira, donde se concentra buena parte de la pesca artesanal del litoral sur del Pacífico colombiano, esto puede traducirse en menores capturas durante uno o dos años después del evento.

La baja de caudal también altera las señales hidrológicas que desencadenan la migración de la "viuda", nombre local de los cardúmenes de postlarvas y juveniles de peces diádromos (aquellos que se mueven entre el mar y el río durante su vida), que ascienden en masa desde el mar hacia los ríos costeros del Pacífico colombiano. Este fenómeno se ha documentado en los ríos Juradó, El Valle, Jurubirá, Nuquí, San Juan, Anchicayá, Cajambre y Yurumanguí, y los cardúmenes están formados principalmente por góbidos del género Sicydium, junto con Awaous transandeanus, Gobiomorus maculatus, Hemieleotris latifasciata, Gobiesox juradoensis, Pseudophallus elcapitanensis e incluso camarones del género Macrobrachium (Maldonado-Ocampo et al., 2012). Aunque todavía es limitada la identificación específica de muchas de estas postlarvas, esta migración es uno de los recursos pesqueros estacionales más importantes para las comunidades afrodescendientes e indígenas del litoral, que tradicionalmente la aprovechan para el consumo familiar.

Cuando el nivel del agua sigue bajando, el cauce se fragmenta en pequeñas pozas donde estos cardúmenes de postlarvas y juveniles quedan confinados. En estos ambientes someros y con alta densidad de individuos, sube la temperatura y baja el oxígeno disuelto, favoreciendo episodios de hipoxia y mortandad masiva, el mismo mecanismo descrito para los humedales del Atrato (Wu, 2009). Además de la mortalidad directa, la hipoxia altera el metabolismo y el desempeño de los individuos que sobreviven, reduciendo su crecimiento, su capacidad de desplazamiento y, en los que llegan a la madurez, su inversión en la reproducción. El resultado es un menor éxito de reclutamiento y una recuperación más lenta de las poblaciones de peces diádromos y camarones migratorios, un impacto significativo, dado que esta migración es uno de los eventos ecológicos más importantes de los ríos costeros del Pacífico colombiano. La Figura 24 resume las dos vías descritas, la de salinidad estuarina y la de migración diádroma, y su convergencia en la caída de la pesca artesanal costera.

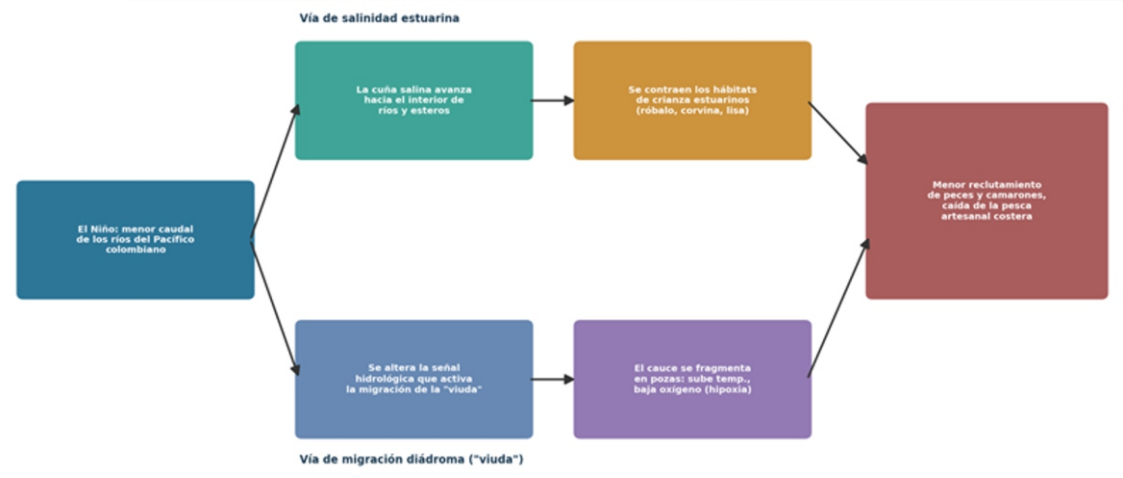



**Figura 24.** Vías paralelas de estrés inducidas por El Niño en los humedales del sistema Pacífico (Adaptado de Largier, 2010; Blaber, 2000; Maldonado-Ocampo et al., 2012; Wu, 2009).

A esto se suman los episodios de lluvias extremas que, aunque menos frecuentes durante El Niño, pueden presentarse por la alta pluviosidad propia de la región. En las cuencas del San Juan, Dagua, Raposo, Anchicayá y otros ríos de fuerte pendiente, estas lluvias generan crecidas torrenciales que movilizan grandes volúmenes de sedimento hacia estuarios, caños y humedales costeros; en cuencas con actividad minera como San Juan, Dagua y Raposo, en particular, también transportan mercurio, cianuro y otros contaminantes asociados a la extracción de oro, aumentando la exposición de peces, crustáceos y moluscos a metales pesados (IIAP, 2021; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016). La acumulación de estos sedimentos reduce la profundidad de caños y esteros, limita la conectividad con la marea y debilita la capacidad de estos humedales para recuperarse de perturbaciones sucesivas.

Todo esto repercute finalmente en el bienestar de las comunidades afrodescendientes e indígenas de Bajo Baudó, Litoral del San Juan y Nuquí, en el Chocó; Buenaventura y López

de Micay, en Valle del Cauca y Cauca; y Tumaco, El Charco, Mosquera, La Tola, Francisco Pizarro, Olaya Herrera y Santa Bárbara de Iscuandé, en Nariño. La pesca artesanal en estuarios, caños y bocanas es la principal fuente de proteína animal y uno de los pilares de la economía familiar en estos municipios; cuando los gradientes estuarinos se alteran, caen las capturas y sube el esfuerzo de pesca necesario para obtener el mismo resultado, afectando de forma desproporcionada a los hogares que dependen exclusivamente de esta actividad. La disminución de las migraciones de la "viuda", un recurso tradicionalmente aprovechado en ciertas épocas del año, representa además una pérdida cultural y alimentaria que va más allá de lo estrictamente ecológico, y que compromete la seguridad alimentaria y los medios de vida de las poblaciones del litoral Pacífico colombiano.

## 3.5. Respuestas funcionales del bosque húmedo tropical de tierras bajas frente a eventos de El Niño.

Los bosques húmedos tropicales de tierras bajas constituyen la matriz ecológica del Chocó Biogeográfico y el ecosistema de mayor extensión de la región. Su estructura mantiene la conectividad entre los ecosistemas terrestres y acuáticos, regula el ciclo hidrológico, almacena grandes cantidades de carbono y proporciona hábitat a una de las mayores concentraciones de biodiversidad del planeta. Aunque gran parte de sus transformaciones responden a presiones antrópicas como la deforestación y la minería, la expansión agropecuaria, la apertura de vías y de infraestructura, los eventos intensos de El Niño incrementan el estrés hídrico de la vegetación, favorecen la ocurrencia de incendios en áreas intervenidas y alteran procesos ecológicos fundamentales, cuyos efectos se propagan hacia los bosques andinos, los humedales, los manglares y los sistemas

fluviales del Chocó Biogeográfico (Malhi et al., 2008; Lewis et al., 2015; Allen et al., 2010).

## 3.5.1. Contexto de los bosques húmedos tropicales de tierras bajas del Chocó Biogeográfico

El bosque húmedo tropical de tierras bajas es el ecosistema dominante del Chocó Biogeográfico y su sostén ecológico más fundamental. Se extiende como un corredor continuo desde las estribaciones del Nudo del Paramillo en Tierralta y Valencia, en el sur de Córdoba, hasta los deltas nariñenses que desembocan cerca de Tumaco, atravesando la cuenca del Atrato, la llanura del San Juan, la franja costera del Baudó y el litoral del Valle del Cauca, del Cauca y de Nariño. Con una cobertura cercana a las 8.188.499 hectáreas, registra algunas de las mayores precipitaciones del planeta, con valores que pueden superar los 12.000 mm anuales en localidades como Lloró, en el Chocó, y López de Micay, en el Cauca. Los bosques pluviales con dosel cerrado suelen ser resistentes al fuego debido a su microclima húmedo, la humedad del combustible y las elevadas precipitaciones; sin embargo, pueden resultar mucho más susceptibles a los incendios durante los períodos de sequía intensa asociados al fenómeno de El Niño.

## 3.5.2. Efectos ocasionados por el niño en los bosques húmedos tropicales de tierras bajas del Chocó Biogeográfico

Cuando El Niño reduce las lluvias, la hojarasca del suelo se seca, los árboles pierden turgencia y lo que, en condiciones normales, sería incombustible puede arder. El riesgo no se materializa desde el interior del bosque primario, sino desde sus bordes: la zona de

interfaz entre el bosque y las áreas intervenidas para laganadería, los cultivos de coca y la extracción maderera es el principal punto de ignición. Durante el El Niño 2015-2016, la pérdida de cobertura arbórea por incendios se multiplicó por 10 en las selvas tropicales de América Latina (WRI, 2016). En el Chocó Biogeográfico, la franja de borde ha experimentado décadas de expansión acelerada, especialmente en el Urabá chocoano y en el Bajo Atrato.

El caso más reciente y documentado ocurrió durante la sequía de 2024: entre el 31 de marzo y el 4 de abril, los cuerpos de bomberos de Unguía, Riosucio y Acandí debieron unirse para controlar un incendio que consumió 650 hectáreas de bosque en el municipio de Unguía. Entre 2016 y 2020, Unguía perdió aproximadamente 8.022 hectáreas de bosque debido a incendios forestales (Perea, 2025). Durante el gran episodio de incendios de 2016, la subregión del Darién registró alrededor de 60.000 hectáreas afectadas. El 23 de marzo de 2014, unas 3.035 hectáreas de humedales y bosques inundables fueron afectadas por una serie de incendios que destruyeron extensos panganales, cativales y arracachales, con mortalidad documentada de mamíferos pequeños, primates, tortugas, serpientes, anfibios, moluscos y aves (CODECHOCÓ & IIAP, 2014).

Más allá del fuego, la sequía introduce una perturbación menos visible pero igualmente grave: la desincronización del ritmo biológico. El bosque húmedo tropical del Chocó no tiene estaciones en el sentido clásico, pero sí un pulso fenológico de floración, fructificación y brotación que responde a variaciones sutiles en la precipitación y la temperatura. Cuando el déficit hídrico se prolonga durante semanas, la floración se adelanta o se retrasa y la producción de frutos se vuelve errática o falla por completo en amplios sectores. Los tucanes (Ramphastos swainsonii en el Alto Atrato, R. sulfuratus en el Bajo San Juan), los

loros amazona (Amazona autumnalis, A. farinosa) y los monos aulladores (Alouatta palliata) del Bajo Atrato pueden quedar sin recursos durante la crianza de sus crías. En el tramo sur del corredor boscoso, la sequía actúa sobre un bosque que lleva décadas fragmentado por la ganadería, la palma de aceite, con más de 36.000 hectáreas en Tumaco, la minería ilegal y los cultivos ilícitos, lo que lo vuelve estructuralmente más vulnerable al fuego y a la desincronización biológica.

Las lluvias extremas producen impactos distintos, pero igualmente severos. Las cuencas de los ríos Dagua, Anchicayá, Naya, Yurumanguí, Micay, Guapi, Patía, Mira y Mataje presentan pendientes pronunciadas y elevadas tasas de escorrentía; las precipitaciones intensas pueden generar crecientes, deslizamientos y procesos erosivos que afectan directamente los ecosistemas boscosos. Las inundaciones prolongadas pueden provocar la mortalidad de plántulas y árboles jóvenes por anegamiento excesivo, alterar los procesos de germinación y modificar la composición de especies vegetales.

## 3.5.3. Procesos funcionales de los bosques húmedos tropicales de tierras bajas del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño

La principal respuesta funcional del bosque húmedo tropical de tierras bajas del Chocó Biogeográfico frente a un evento de El Niño es la reducción de su productividad primaria cuando las sequías disminuyen la disponibilidad de agua en el suelo por debajo de los umbrales de tolerancia de las especies dominantes, las cuales carecen de adaptaciones fisiológicas para soportar déficits hídricos prolongados. Árboles emergentes como el cativo (Prioria copaifera), el abarco (Cariniana pyriformis), el chanul

(Humiriastrum procerum), el cuángare (Otoba gracilipes), el sajo (Campnosperma panamense) y el choibá (Dipteryx oleifera) responden al estrés hídrico mediante el cierre estomático, la reducción de la transpiración y de la fotosíntesis y, en condiciones severas, con defoliación parcial y muerte regresiva de ramas, procesos ampliamente documentados en bosques tropicales sometidos a sequías naturales y experimentales (McDowell et al., 2008; Allen et al., 2010; Choat et al., 2018; Phillips et al., 2009). Como consecuencia, el dosel pierde progresivamente su capacidad de amortiguar las condiciones ambientales del sotobosque; la temperatura puede incrementarse entre 2 y 8 °C y la humedad relativa disminuir entre 5 y 20 % en los sectores más expuestos (Hardwick et al., 2015; De Frenne et al., 2019). Estas modificaciones alteran las condiciones necesarias para la regeneración de plántulas y afectan a organismos altamente dependientes de ambientes húmedos, como las salamandras del género Bolitoglossa, las ranas venenosas de los géneros Oophaga, Andinobates Phyllobates (P. terribilis la rana dardo dorada), endémica del Pacífico, de cristal presentes en la región incluyen Hyalinobatrachium, Cochranella, Espadarana, Sachatamia y Teratohyla y numerosos invertebrados responsables de la descomposición de la materia orgánica y del reciclaje de nutrientes.

La reducción de la productividad primaria desencadena, además, una alteración del pulso fenológico que regula la disponibilidad de flores, frutos y brotes en el bosque (ver figura 25). En los bosques tropicales sin una marcada estacionalidad climática, pequeñas variaciones en la precipitación y la temperatura son suficientes para modificar la floración, la fructificación y la brotación de las especies arbóreas (Wright & Calderón, 2006; Pau et al., 2013). Durante los eventos de El Niño pueden presentarse floraciones inducidas por estrés que no culminan en una fructificación exitosa o, por el contrario, en una reducción generalizada de la producción de frutos en la temporada siguiente.

Palmas como el milpesos (Oenocarpus bataua), la tagua (Phytelephas seemannii), la chunga (Astrocaryum standleyanum) y el naidí (Euterpe oleracea), junto con árboles como el yarumo (Cecropia peltata) y el castaño (Compsoneura atopa), constituyen una de las principales fuentes de alimento para tucanes (Ramphastos swainsonii y R. sulfuratus), loros (Amazona autumnalis y A. farinosa), primates como el mono araña del Chocó (Ateles fusciceps rufiventris) y el mono aullador (Alouatta palliata), además del tapir centroamericano (Tapirus bairdii) y los pecaríes (Tayassu pecari y Pecari tajacu). Cuando la producción de frutos disminuye durante los periodos de reproducción y crianza, aumenta la mortalidad de las crías y se reduce el éxito reproductivo de numerosas poblaciones.

La alteración de la fenología repercute de inmediato en los procesos de polinización, dispersión de semillas y regeneración natural del bosque. La disminución de flores y frutos obliga a polinizadores y dispersores a ampliar sus desplazamientos o a abandonar temporalmente sus territorios habituales, lo que reduce la eficiencia de estas interacciones ecológicas (Memmott et al., 2007; Bascompte & Jordano, 2007). Abejas de los géneros Melipona, Plebeia y Trigona, colibríes del género Phaethornis, murciélagos nectarívoros, primates, tucanes y otros frugívoros cumplen un papel fundamental en la reproducción de numerosas especies vegetales del Chocó Biogeográfico. Cuando estos organismos dejan de visitar determinadas áreas por falta de recursos, disminuye la polinización y se reduce la dispersión de semillas hacia claros naturales, bordes del bosque y áreas perturbadas. Esta situación compromete especialmente la regeneración de especies arbóreas de gran tamaño, cuyas semillas dependen del transporte por vertebrados para establecerse lejos del árbol parental (Jordano et al., 2007; Galetti et al., 2013), lo que reduce la capacidad del bosque para recuperar su cobertura y su funcionalidad tras incendios, deslizamientos o procesos de deforestación.




**Figura 25.** Cascada de respuestas funcionales del bosque húmedo tropical de tierras bajas del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño. El déficit hídrico inducido por El Niño reduce la productividad primaria y desencadena una secuencia de respuestas fisiológicas y ecológicas que alteran el microclima, la fenología, la polinización, la dispersión de semillas y la regeneración natural del bosque, incrementando simultáneamente el riesgo de incendios forestales y disminuyendo la resiliencia del ecosistema.

La figura 26 ilustra como la disminución de la humedad del suelo y de la hojarasca incrementa simultáneamente el riesgo de incendios forestales en la franja de transición entre el bosque y las áreas intervenidas. En condiciones normales, los bosques húmedos del Chocó mantienen una gruesa capa de materia orgánica permanentemente húmeda que dificulta la propagación del fuego. Sin embargo, cuando las sequías asociadas a El Niño se prolongan durante varias semanas, la humedad del combustible disminuye y las quemas agropecuarias destinadas a la renovación de potreros pueden propagarse hacia el interior del bosque (Nepstad et al., 2007; WRI, 2016). Los incendios registrados en 2014, 2016, 2019 y 2024 en los municipios de Unguía, Riosucio y Acandí evidencian cómo la combinación de actividades antrópicas y condiciones climáticas extremas puede

transformar una práctica local en una emergencia ambiental de gran escala. La pérdida de cobertura vegetal fragmenta los corredores biológicos, reduce la conectividad del paisaje y limita el desplazamiento de numerosas especies de fauna entre los remanentes boscosos.

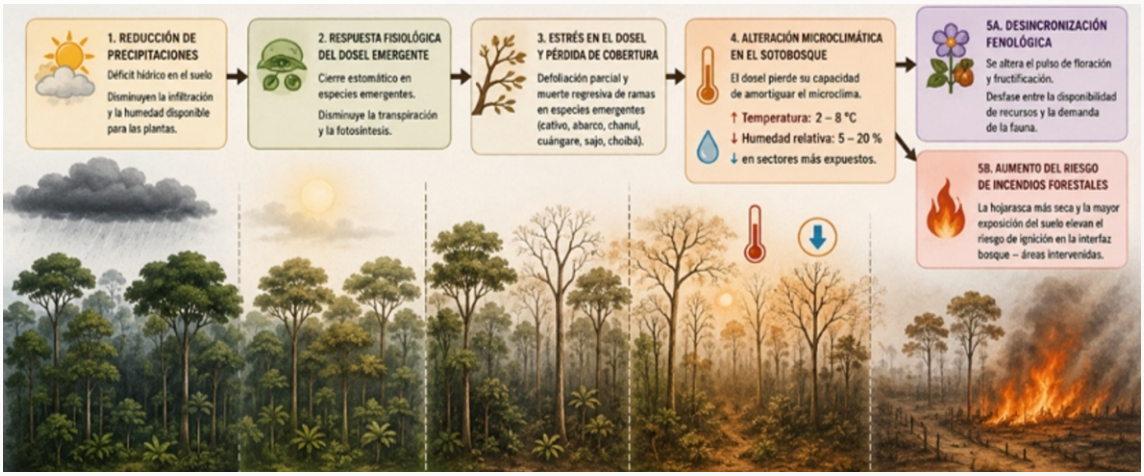



**Figura 26.** Modelo conceptual de las respuestas funcionales del bosque húmedo tropical de tierras bajas del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño. El esquema ilustra la secuencia de procesos fisiológicos y ecológicos desencadenados por el déficit hídrico, desde la reducción de la productividad primaria hasta la alteración del microclima y de la fenología, y el incremento del riesgo de incendios forestales.

Finalmente, la alteración conjunta de estos procesos compromete directamente los medios de vida, la seguridad alimentaria y el patrimonio biocultural de las comunidades negras, indígenas y campesinas que habitan el corredor boscoso comprendido entre el Nudo del Paramillo hasta los deltas del Pacífico nariñense. La pesca en ríos y quebradas, la cacería de subsistencia, la extracción de madera y de productos forestales no maderables, como frutos, fibras, resinas y plantas medicinales, así como la agricultura tradicional, dependen del mantenimiento de la integridad ecológica del bosque. Los incendios forestales destruyen hábitats y reducen la disponibilidad de recursos

utilizados por las comunidades; por ejemplo, durante el incendio ocurrido en la Ciénaga de Unguía en 2014 se documentó la afectación del hábitat de al menos 31 especies de peces, 23 especies de anfibios y reptiles, 44 especies de aves y 13 especies de mamíferos, entre ellos el manatí antillano (Trichechus manatus), el jaguar (Panthera onca) y el mono araña (Ateles fusciceps) categorizado por la UICN en Peligro Critico, especies que hacen parte del patrimonio natural y cultural de las comunidades ribereñas. En el sur del corredor boscoso, donde la palma de aceite, la minería y los cultivos ilícitos han fragmentado extensas áreas de bosque, la disminución de la productividad y la desincronización fenológica asociadas a El Niño pueden agravar aún más la escasez de recursos naturales para poblaciones que dependen directamente del funcionamiento de estos ecosistemas.

## 3.6 Respuestas funcionales de los bosques secos tropicales como los ecosistemas más frágiles de la región frente a eventos de El Niño.

Los bosques secos tropicales constituyen el ecosistema terrestre más vulnerable del Chocó Biogeográfico frente a los eventos de El Niño. Su funcionamiento depende de un delicado equilibrio entre la disponibilidad estacional de agua, la productividad primaria y la regeneración de la vegetación. Debido a que operan cerca de su límite fisiológico de tolerancia al déficit hídrico, las sequías intensas prolongan la pérdida de hojas, reducen el crecimiento, incrementan la mortalidad de árboles y favorecen la ocurrencia de incendios forestales, afectando la biodiversidad, la fertilidad del suelo y la conectividad ecológica de uno de los ecosistemas más amenazados de Colombia (Miles et al., 2006; Pizano & García, 2014; Allen et al., 2010).

## 3.6.1. Contexto de los bosques secos del Chocó Biogeográfico

En aparente contradicción con la imagen del Chocó Biogeográfico como una de las regiones más lluviosas del planeta, en el territorio existen enclaves de bosque seco tropical asociados principalmente a las zonas de sombra pluviométrica generadas por la Cordillera Occidental. Los más representativos se encuentran en los municipios de Dagua, La Cumbre, Restrepo y Vijes, en el departamento del Valle del Cauca, y se distribuyen entre 200 y 1.200 msnm. Su extensión total se estima en aproximadamente 79.737 hectáreas, lo que los convierte en uno de los núcleos más importantes de conservación del bosque seco tropical de Colombia, un ecosistema cuya cobertura a nivel nacional es inferior al 10 %. Adicionalmente, existen pequeños enclaves secos en zonas de transición del sur de la Cordillera Occidental de Cauca y Nariño y áreas xerofíticas en valles interandinos con conectividad ecológica con el Pacífico colombiano.

## 3.6.2 Efectos ocasionados por El Niño en los bosques secos del Chocó Biogeográfico

El problema central es que la fragmentación histórica del paisaje ha reducido drásticamente su capacidad de recuperación. La mayoría de los remanentes actuales sobreviven como fragmentos pequeños y aislados en medio de paisajes altamente intervenidos. En un escenario de reducción de lluvias asociado a El Niño 2026-2027, estos fragmentos serían sometidos a un estrés hídrico para el cual no cuentan con respaldo ecosistémico: durante los eventos de 1982-1983, 1997-1998, 2015-2016 y 2023-2024, el suroccidente colombiano experimentó reducciones

importantes de precipitación y aumentos de temperatura que favorecieron incendios forestales recurrentes en municipios como Dagua, La Cumbre, Yumbo y Vijes. Las alertas emitidas por el IDEAM durante estos períodos coincidieron con la recurrencia de incendios en la cobertura vegetal, lo que demuestra que la reducción prolongada de la humedad favorece la propagación del fuego incluso en ecosistemas estratégicos para la regulación hídrica regional (El País, 2021).

La acumulación de hojarasca seca, la disminución de la humedad del suelo y los vientos locales facilitan la propagación del fuego en paisajes donde los bordes forestales están expuestos a quemas agrícolas. La mortalidad de plántulas, el cese de la regeneración natural y la reducción de la producción de flores, frutos y semillas son las primeras manifestaciones del estrés hídrico prolongado en las especies arbóreas de crecimiento lento que caracterizan estos bosques.

Las precipitaciones extraordinarias también pueden causar daños significativos. En zonas dominadas por cactáceas columnares como el cardón y el cactus candelabro, el exceso prolongado de humedad favorece la pudrición radicular, las infecciones fúngicas y la pérdida de estabilidad estructural. La mortalidad de estos cactus tiene consecuencias que trascienden la pérdida de individuos: constituyen sitios de anidación esenciales para aves como el carpintero habado (Melanerpes rubricapillus) y el perico carisucia (Botocouris jugularis), y su regeneración puede tardar décadas. Las precipitaciones extraordinarias también incrementan los procesos erosivos, favorecen el establecimiento de especies invasoras y alteran las interacciones entre plantas, polinizadores y dispersores de semillas.

## 3.6.3. Procesos funcionales de los bosques secos del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño

La principal respuesta funcional de los bosques secos tropicales del Chocó Biogeográfico frente a un evento de El Niño es la reducción de su productividad primaria cuando las sequías intensifican el déficit hídrico más allá de los umbrales de tolerancia de las especies dominantes. Aunque estos bosques han evolucionado bajo un régimen estacional con períodos secos de cuatro a seis meses, especies como el guácimo (Guazuma ulmifolia), el totumo (Crescentia cujete), el caracolí (Anacardium excelsum) y el cedro rosado (Cedrela odorata) no están adaptadas a soportar la prolongación e intensidad de las sequías que caracterizan los eventos fuertes de El Niño (Miles et al., 2006; Pizano & García, 2014). En estas condiciones, la defoliación total constituye un mecanismo de supervivencia que reduce al mínimo la pérdida de agua, pero también suspende temporalmente la actividad fotosintética del bosque. Cuando el estrés hídrico supera la capacidad de las reservas de carbono almacenadas en los tejidos leñosos, se produce la muerte de ramas y, en los eventos más severos, la mortalidad de árboles adultos, cuya recuperación puede tardar varias décadas debido al alto grado de fragmentación que caracteriza a los remanentes de bosque seco del Valle del Cauca.

La disminución de la productividad primaria altera de inmediato la fenología del bosque y, con ello, los procesos de polinización, dispersión de semillas y regeneración natural. La reducción o el retraso de la floración disminuye la disponibilidad de néctar y polen para abejas nativas como Trigona spp. y Xylocopa spp., así como para colibríes, entre ellos el colibrí de raquetas (Ocreatus underwoodii), murciélagos nectarívoros y frugívoros, loros como

el perico carisucia (Brotogeris jugularis) y la amazona frentiazul (Amazona farinosa), además de numerosas aves frugívoras del sotobosque. La disminución prolongada de estos recursos reduce el tamaño de las colonias de abejas, modifica los patrones de forrajeo y disminuye la eficiencia de la polinización (Memmott et al., 2007; Forrest, 2015). Paralelamente, la menor producción de frutos limita la actividad de los dispersores de semillas y reduce el establecimiento de nuevos individuos. Esta situación adquiere especial importancia en los fragmentos aislados de Dagua, La Cumbre, Restrepo y Vijes, donde la escasa conectividad ecológica impide que la pérdida local de polinizadores y dispersores sea compensada por la llegada de individuos provenientes de otros remanentes boscosos, lo que reduce progresivamente la capacidad de regeneración del ecosistema.

La disminución de la humedad del suelo y la acumulación de hojarasca seca incrementan simultáneamente la susceptibilidad al fuego. A diferencia de los bosques húmedos, la estacionalidad propia del bosque seco favorece la acumulación natural de material combustible durante la época seca; cuando El Niño prolonga este período, la carga de combustible fino aumenta considerablemente y cualquier quema agropecuaria en los bordes de los fragmentos puede transformarse en un incendio forestal de gran magnitud (Cochrane, 2003; Pizano & García, 2014).

Entre las especies más vulnerables se encuentran las cactáceas columnares, como el cardón (Stenocereus griseus) y el cactus candelabro (Pilosocereus colombianus), cuya estructura suculenta no presenta adaptaciones al fuego. La pérdida de estos cactus elimina importantes sitios de anidación para especies como el carpintero habado (Melanerpes rubricapillus) y el perico carisucia (Brotogeris jugularis), afectando no solo a estas aves, sino también a numerosas especies que utilizan posteriormente las cavidades abandonadas como refugio o sitio de reproducción.

De esta manera, la pérdida de unas pocas especies estructuradoras desencadena efectos en cascada sobre la biodiversidad del bosque seco.

Finalmente, la alteración conjunta de estos procesos repercute directamente sobre el bienestar de las comunidades campesinas asentadas en los municipios de Dagua, La Cumbre, Restrepo y Vijes. Los remanentes de bosque seco desempeñan un papel fundamental en la regulación hídrica de las microcuencas que abastecen los acueductos rurales, estabilizan los suelos de ladera y moderan las condiciones microclimáticas de los paisajes agrícolas circundantes. Su degradación por incendios o por mortalidad masiva de árboles reduce la disponibilidad de agua para consumo humano y riego, incrementa la erosión y disminuye la capacidad de regulación ambiental de las cuencas. A ello se suma la reducción de las poblaciones de polinizadores, que puede afectar la productividad de cultivos frutales y hortícolas ubicados en la interfaz entre el bosque y las áreas agrícolas. Debido a que los fragmentos de bosque seco representan los últimos remanentes de este ecosistema en la región y no existen sustitutos ecológicos capaces de reemplazar sus funciones en el corto plazo, su deterioro durante eventos de El Niño tendría consecuencias que se extenderían mucho más allá de la duración del evento climático.

## 3.7. Respuestas funcionales de los bosques de niebla como reguladores hídricos del sistema regional frente a eventos de El Niño

Los bosques de niebla constituyen el principal sistema de regulación hídrica de las montañas del Chocó Biogeográfico y establecen la conexión funcional entre los páramos y los bosques

húmedos tropicales de tierras bajas. Su capacidad para interceptar la precipitación horizontal, almacenar agua y liberarla gradualmente sostiene el caudal de numerosas cuencas hidrográficas y mantiene la estabilidad de los suelos de montaña. Durante los eventos intensos de El Niño, la disminución de la nubosidad y de la precipitación horizontal reduce la disponibilidad de agua, incrementa el estrés hídrico de la vegetación y altera procesos ecológicos que repercuten sobre los ecosistemas y las comunidades localizadas aguas abajo (Bruijnzeel et al., 2011; Stadtmüller, 1987; De Frenne et al., 2019).

## 3.7.1. Contexto de los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico

Los bosques de niebla, también denominados bosques montanos húmedos, se distribuyen principalmente entre los 1.200 y los 3.000 metros de altitud en los flancos de la Cordillera Occidental, la Serranía del Baudó y la Serranía de los Paraguas. En la vertiente occidental de la Cordillera Occidental se encuentran sectores de El Cairo, Versalles y El Dovio en el Valle del Cauca, así como San José del Palmar, Sipí, Nóvita, Bagadó y La Mansa en el Chocó. Estos ecosistemas alimentan las cuencas del San Juan, Cucurrupí, Copomá, Baudó, Dagua, Anchicayá, Raposo, Yurumanguí, Naya, Micay, Guapi, Patía, Mira y Mataje y sostienen los procesos ecológicos de bosques húmedos, humedales y ecosistemas marino-costeros ubicados aguas abajo.

## 3.7.2. Efectos ocasionados por El Niño en los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico

Durante los eventos intensos de El Niño, el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad atmosférica reducen la frecuencia de formación de niebla y la eficiencia de la captación

horizontal de agua. Cuando disminuye la captación de humedad, los nacimientos y quebradas reducen sus caudales, y ese déficit se propaga a lo largo de toda la red hidrográfica: los humedales de tierras bajas reciben menores aportes de agua dulce, los estuarios experimentan una mayor penetración de la cuña salina y los manglares enfrentan estrés hídrico adicional. En los ríos, la reducción del caudal interrumpe la conectividad entre hábitats acuáticos, afecta las rutas migratorias de los peces y limita el transporte de nutrientes hacia las zonas costeras.

La reducción de la humedad ambiental afecta de manera particularmente severa a los anfibios de los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico. Estos ecosistemas albergan una de las mayores concentraciones de anfibios endémicos de Colombia, muchos de los cuales dependen de microhábitats formados por bromelias, hojarasca, musgos y pequeños cursos de agua. Durante períodos prolongados de sequía, la desaparición de estos microambientes puede reducir el éxito reproductivo y aumentar la mortalidad de huevos, renacuajos y juveniles. Investigaciones en la Reserva Natural La Planada, en Nariño, documentaron la desaparición de aproximadamente el 67 % de las especies de anfibios registradas, con gran parte del colapso atribuida a la quitridiomicosis causada por el hongo Batrachochytrium dendrobatidis. Un evento de El Niño que prolongue la sequía en la franja de niebla podría potenciar aún más la acción del hongo en poblaciones ya debilitadas.

Las lluvias extremas en los períodos de transición generan perturbaciones distintas, pero igualmente graves. En la Cordillera Occidental se han documentado históricamente lluvias torrenciales asociadas a inundaciones y deslizamientos en cuencas como las del Cali, Aguacatal, Dagua y Anchicayá. Los deslizamientos pueden remover extensas áreas de bosque, destruir el sotobosque y generar claros que tardan décadas en recuperarse.

Ambos extremos, la sequía y las lluvias extremas, afectan la capacidad de los bosques de niebla para cumplir su función más importante: regular el flujo de agua desde las montañas hacia los ecosistemas de tierras bajas.

## 3.7.3. Procesos funcionales de los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño

La respuesta funcional de los bosques de niebla del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño comienza con la reducción de la captación horizontal de agua cuando disminuyen la frecuencia, la densidad y la altitud de formación de las nubes que normalmente envuelven los flancos de la Cordillera Occidental, la Serranía del Baudó y la Serranía de los Paraguas. Esto ocurre porque la captación de niebla, proceso mediante el cual las gotas de agua en suspensión que forman las nubes son interceptadas por las hojas, musgos, bromelias, líquenes y demás estructuras de la vegetación y canalizadas hacia el suelo, depende de que las nubes alcancen las laderas donde crece el bosque con la frecuencia y la densidad suficientes. Cuando El Niño eleva la temperatura y reduce la humedad relativa del aire, la base de las nubes asciende y la frecuencia de la niebla en las franjas de bosque montano disminuye significativamente (Bruijnzeel et al., 2011). En los Farallones de Cali, estudios hidrológicos han documentado que la precipitación horizontal por captación de niebla puede representar entre el 20 y el 50 % del agua total disponible para la vegetación en algunos sectores; su reducción durante El Niño equivale a una disminución de la precipitación efectiva que puede superar lo que indican las mediciones convencionales de lluvia. Como consecuencia, disminuye el caudal de los nacimientos y quebradas de montaña, lo que desencadena una cadena de efectos que se propaga aguas abajo

hacia los bosques húmedos, los humedales y los manglares del litoral.

La disminución de la disponibilidad de agua provoca la desaparición progresiva de los microhábitats húmedos, como bromelias con agua, hojarasca empapada, musgos saturados, pequeñas pozas y quebradas, que sostienen una de las comunidades de anfibios más diversas y endémicas del planeta. Esto ocurre porque los anfibios de los bosques montanos del Chocó, con cientos de especies de ranas del género Pristimantis, salamandras del género Bolitoglossa y cecilias (Caeciliidae), presentan una dependencia fisiológica absoluta de la humedad ambiental para la respiración cutánea, la reproducción y el mantenimiento de su temperatura corporal. Incluso reducciones moderadas de la humedad relativa incrementan la desecación de los huevos y los embriones, que en la mayoría de estas especies se depositan directamente sobre el suelo o la hojarasca, sin pasar por una fase acuática (Wells, 2007; Lips et al., 2006). La vulnerabilidad es aún mayor porque muchas especies ya enfrentan la presión del hongo quitridio (Batrachochytrium dendrobatidis), cuya patogenicidad aumenta en condiciones de menor humedad y temperaturas moderadas, precisamente el escenario generado por El Niño en los bosques de niebla. La disminución de los anfibios trasciende la pérdida de biodiversidad, ya que estos organismos regulan las poblaciones de insectos del sotobosque y constituyen una fuente esencial de alimento para serpientes, aves y mamíferos.

A medida que se intensifican estos cambios ecológicos también disminuye la funcionalidad de los corredores altitudinales que conectan los páramos, los bosques altoandinos, los bosques de niebla y los bosques húmedos de tierras bajas cuando los deslizamientos, los incendios o la pérdida de cobertura vegetal inducidos por El Niño fragmentan la continuidad del gradiente

altitudinal. Esto ocurre porque el corredor vertical de la Cordillera Occidental constituye el principal eje de desplazamiento para numerosas especies de aves, mamíferos e insectos que se desplazan en función de la disponibilidad estacional de recursos. Entre ellas se encuentran aves que anidan en los bosques de niebla y descienden hacia los bosques húmedos durante la estación seca, felinos que siguen a sus presas a lo largo del gradiente altitudinal, y mariposas y abejas que utilizan distintos pisos térmicos en diferentes fases de su ciclo de vida (Freeman et al., 2018; Lenoir & Svenning, 2015). Cuando los deslizamientos, favorecidos por episodios de lluvias extremas asociados a El Niño, eliminan sectores del corredor, las poblaciones quedan aisladas y el flujo génico disminuye, lo que incrementa el riesgo de extinción local de las especies con distribuciones restringidas al corredor occidental de los Andes. Muchas aves endémicas del Chocó Biogeográfico, como el barranquero andino (Momotus aequatorialis), la tángara multicolor (Chlorochrysa nitidissima) y diversas especies de colibríes de los géneros Heliangelus y Eriocnemis, dependen de bosques montanos continuos, por lo que su viabilidad poblacional se ve seriamente comprometida cuando dichos corredores se fragmentan.

Todos estos procesos repercuten directamente en el bienestar de las comunidades campesinas, indígenas y afrodescendientes que dependen de los servicios de regulación hídrica de los bosques de niebla para su abastecimiento de agua. Los bosques de la Cordillera Occidental alimentan, a través de la red de quebradas y ríos que nacen en sus laderas, los acueductos rurales y municipales de San José del Palmar, Sipí, Nóvita, Bagadó, La Mansa y otros centros poblados del Chocó y abastecen los sistemas de riego de las zonas agrícolas del flanco occidental del Valle del Cauca. La reducción del caudal durante los eventos de El Niño puede ocasionar desabastecimiento de agua para consumo humano, pérdidas agrícolas por falta de riego y conflictos comunitarios por el acceso al recurso hídrico.

A ello se suma la pérdida de anfibios endémicos, muchos de los cuales poseen un importante valor cultural y espiritual para las comunidades indígenas Emberá y Wounaan, lo que representa una disminución de la biodiversidad prácticamente irrecuperable en escalas de tiempo humanas. Debido a que los bosques de niebla regulan el suministro de agua en las cuencas que drenan hacia las tierras bajas, su conservación constituye una prioridad no solo para mantener la biodiversidad, sino también para garantizar la seguridad hídrica, la estabilidad ecológica y el bienestar de las poblaciones que dependen de estos ecosistemas.

## 3.8. Respuestas funcionales de los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico, primer eslabón de la red ecológica regional frente a eventos de El Niño

Los páramos representan la principal fuente de regulación hídrica del Chocó Biogeográfico y constituyen el origen de gran parte de las cuencas que abastecen los bosques andinos, los bosques húmedos tropicales, los humedales y los ecosistemas costeros de la región. Su funcionamiento depende de la capacidad de los frailejonales, pajonales, turberas, musgos y suelos orgánicos para captar, almacenar y liberar gradualmente el agua. Aunque los páramos hiperhúmedos del núcleo central del Chocó Biogeográfico conservan una elevada integridad ecológica y presentan una baja recurrencia histórica de incendios, los eventos intensos de El Niño reducen la precipitación, la nubosidad y la captación de agua por niebla, lo que altera su capacidad de regulación hídrica. En los complejos del norte y sur de la región, donde existe una mayor estacionalidad climática y presión antrópica, estas condiciones incrementan, aumentando la

susceptibilidad a incendios forestales y la degradación del ecosistema (Buytaert et al., 2006; Hofstede et al., 2014; IDEAM, 2017).

## 3.8.1. Contexto de los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico

Aunque los páramos del Chocó Biogeográfico se caracterizan por su condición hiperhúmeda y por una baja susceptibilidad natural a los incendios forestales, la vulnerabilidad frente a eventos extremos no es homogénea a lo largo de la región. En el extremo norte, los complejos de Paramillo y Frontino-Urrao, ubicados en Antioquia, presentan sectores con mayor influencia continental y menor exposición directa a la humedad del océano Pacífico. De manera similar, en el extremo sur, las vertientes occidentales y noroccidentales del complejo Chiles-Cumbal presentan una mayor estacionalidad climática. Estas condiciones explican por qué los antecedentes de incendios paramunos documentados en la región se concentran principalmente en los extremos norte y sur del gradiente biogeográfico, mientras que complejos como Tatamá, Citará, El Duende, Cerro Plateado y Farallones de Cali mantienen una influencia más directa de la humedad oceánica y una menor ocurrencia histórica de incendios.

## 3.8.2. Efectos ocasionados por El Niño en los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico

Aun así, los eventos intensos de El Niño pueden afectar a todos estos complejos mediante la reducción de la precipitación, la nubosidad y la captación de humedad por niebla. Los impactos más importantes no necesariamente se manifiestan como incendios, sino como alteraciones en la composición, la

estructura y la función de los ecosistemas paramunos. La disminución de la humedad afecta a especies especializadas de humedales altoandinos, turberas y lagunas; reduce la cobertura de musgos, briófitos y vegetación responsable de la retención de agua; y disminuye temporalmente la capacidad de almacenamiento y regulación hídrica.

El Niño 2009-2010 fue un período en el que Colombia experimentó una marcada reducción de las precipitaciones. Durante febrero y marzo de 2010, un incendio afectó aproximadamente 253 hectáreas de vegetación paramuna del complejo Frontino-Urrao. El fuego afectó frailejonales (Espeletia frontinoensis), Puya antioquensis, especie endémica, pajonales de Calamagrostis y Festuca, rosetas de Paepalanthus columbianus, cojines de Oreobolus sp, Distichia muscoides, y bosques de Polylepis sp, alterando temporalmente la capacidad de regulación hídrica del ecosistema.

Los páramos del núcleo central del Chocó Biogeográfico (Citará, Tatamá, El Duende, Cerro Plateado, Farallones de Cali) se encuentran entre los ecosistemas de alta montaña más húmedos de Colombia. La cordillera Occidental, por su cercanía al océano Pacífico y sus elevaciones relativamente menores, recibe de manera permanente masas de aire cálido y húmedo que, al ascender, generan abundantes lluvias, alta nubosidad y una intensa precipitación horizontal captada por frailejones, pajonales, musgos, plantas almohadilladas y bosques altoandinos. El difícil acceso y la ausencia histórica de presión agropecuaria explican por qué los incendios forestales han sido casi inexistentes en estos complejos y por qué la principal vulnerabilidad frente a El Niño no es el fuego, sino las alteraciones en los procesos de captación, almacenamiento y regulación hídrica. No obstante, durante el episodio extremo de El Niño 2015-2016 se registró un incendio en el Parque Nacional Natural

Farallones de Cali que afectó 12,25 hectáreas dentro del área protegida (PNN 2016), constituyendo uno de los pocos antecedentes documentados de incendios en estos páramos hiperhúmedos y evidenciando que, bajo condiciones de sequía excepcional, incluso estos ecosistemas pueden perder temporalmente la humedad que normalmente limita la propagación del fuego.

Sin embargo, más allá de la ocurrencia excepcional de incendios, el principal efecto de los eventos intensos de El Niño sobre los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico se debe a las alteraciones en su funcionamiento hidrológico. La disminución de la precipitación, la reducción de la nubosidad y el debilitamiento de la precipitación horizontal disminuyen la disponibilidad de humedad que caracteriza a estos ecosistemas, reduciendo la cobertura de musgos (Sphagnum spp.) y de la vegetación almohadillada responsable de la retención de agua, afectando la estabilidad de los suelos orgánicos y disminuyendo su capacidad de regulación hídrica. Como consecuencia, también se compromete la conectividad ecológica entre los páramos, los bosques altoandinos y los bosques andinos de la cordillera Occidental, lo que altera procesos fundamentales para el mantenimiento de la biodiversidad y el suministro de agua a las cuencas bajas.

La importancia estratégica de estos ecosistemas radica en que los páramos del Chocó Biogeográfico constituyen el principal sistema regulador de agua de la vertiente occidental andina. Aunque representan apenas cerca del 5,5 % de la superficie paramuna de Colombia, albergan aproximadamente 16.447,6 hectáreas de humedales altoandinos y constituyen las cabeceras de cuencas que abastecen los ríos Atrato, San Juan, Baudó, Dagua, Anchicayá, Calima, Micay, Guapi, Timbiquí, Patía y Mira, entre muchos otros. Cualquier alteración en su capacidad de

almacenamiento y regulación hídrica se propaga aguas abajo amplificando los efectos de la sequía sobre bosques húmedos, humedales, manglares, estuarios y comunidades humanas.

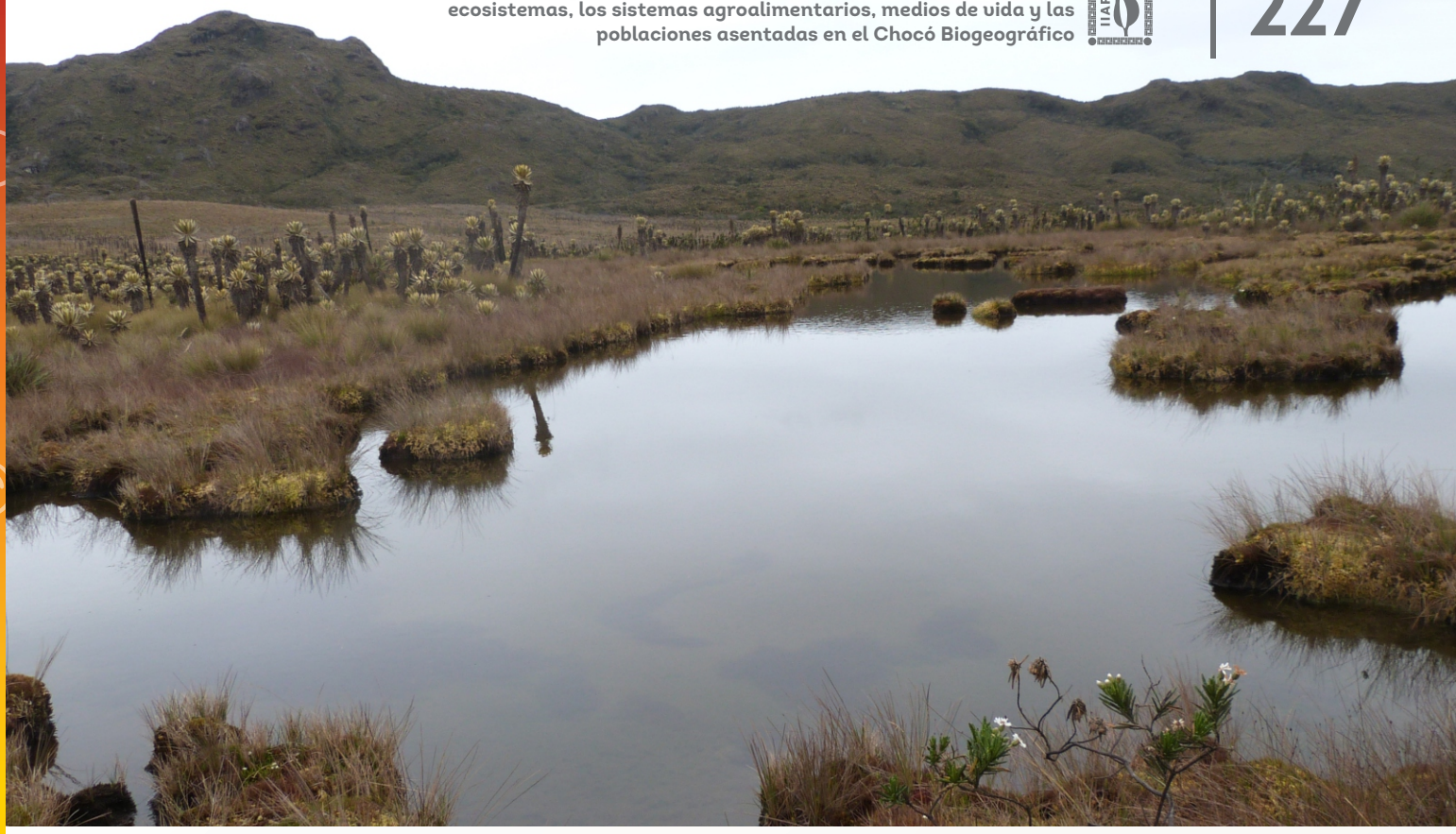
## 3.8.3. Procesos funcionales de los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño

La respuesta funcional de los páramos del Chocó Biogeográfico frente a eventos de El Niño comienza con una reducción de la capacidad de captar, almacenar y liberar gradualmente el agua hacia las cuencas bajas cuando disminuyen la precipitación, la nubosidad y la captación de agua por niebla en los complejos paramunos de la región. Esto ocurre porque los páramos hiperhúmedos funcionan como esponjas hídricas de alta eficiencia: sus suelos orgánicos, constituidos por histosoles con acumulaciones de turba que en algunos sectores superan los dos metros de profundidad, sus comunidades de musgos del género Sphagnum, sus plantas almohadilladas de los géneros Oreobolus, Distichia y Azorella, y sus frailejones, como Espeletia frontinoensis y Espeletia hartwegiana capturan el agua de la lluvia y de la niebla, la almacenan en sus tejidos y en el suelo y la liberan lentamente hacia los nacimientos y quebradas durante los períodos secos, manteniendo los caudales mínimos de toda la red hidrográfica que depende de ellos (Buytaert et al., 2011; Cuesta et al., 2019). Cuando El Niño reduce la precipitación y la nubosidad, la recarga de los suelos orgánicos disminuye; los frailejones y las plantas almohadilladas experimentan un déficit hídrico que reduce su productividad y cobertura; y la descarga de agua hacia las cuencas alcanza caudales mínimos, históricamente inusuales. Para los ríos Atrato, San Juan, Baudó, Dagua, Micay, Guapi, Patía y Mira, cuyas cuencas altas se originan en estos páramos, esta

reducción del caudal base se traduce en déficits hídricos que se amplifican progresivamente hacia las tierras bajas. De esta manera, la regulación hídrica paramuna constituye la función ecológica que conecta todo el gradiente altitudinal, ya que lo que ocurre en el páramo determina, con un desfase de semanas o meses, la disponibilidad de agua y el funcionamiento ecológico de los bosques montanos, los humedales, los estuarios y los arrecifes.

La disminución de la humedad también favorece la oxidación y la descomposición de la materia orgánica acumulada en las turberas y en los suelos orgánicos de los páramos, al exponer estas estructuras a condiciones aeróbicas que normalmente no experimentan. Esto ocurre porque las turberas acumulan materia orgánica durante miles de años bajo condiciones de saturación permanente, donde la descomposición aeróbica es extremadamente lenta; cuando el contenido de agua disminuye, bacterias y hongos aeróbicos colonizan la materia orgánica previamente aislada y aceleran su descomposición, liberando dióxido de carbono ($CO_2$) y metano ($CH_4$) hacia la atmósfera (Limpens et al., 2008; Page et al., 2011). Como consecuencia, estos ecosistemas, que en condiciones normales funcionan como importantes sumideros de carbono con tasas de acumulación de turba entre 0,5 y 2 mm por año durante milenios, pueden convertirse temporalmente en fuentes emisoras de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la retroalimentación del cambio climático. Al mismo tiempo, la degradación de la estructura física de la turba reduce de forma persistente su capacidad de almacenamiento de agua, incluso cuando las condiciones de humedad se restablecen, lo que disminuye la eficiencia de la regulación hídrica del ecosistema.

La degradación de las turberas y la disminución de la humedad repercuten directamente en la biodiversidad especializada de los



páramos al reducir la funcionalidad de los humedales altoandinos, las lagunas, las turberas y las zonas de transición con el bosque altoandino, que sostienen gran parte de las especies endémicas del Chocó Biogeográfico. Esto ocurre porque los anfibios del género Pristimantis, los macroinvertebrados acuáticos de los arroyos paramunos, las plantas hidrófilas propias de las turberas y los briófitos asociados a Sphagnum spp. Dependen de condiciones de saturación hídrica permanente o casi permanente para completar sus ciclos de vida. Cuando la humedad disminuye, estos microhábitats se contraen o desaparecen temporalmente y, con ellos, las poblaciones de las especies más especializadas (IUCN, 2024; Cuesta et al., 2019). Paralelamente, la conectividad ecológica entre los complejos paramunos del Chocó, que facilita el flujo génico y el movimiento de especies entre Paramillo, Frontino-Urrao, Citará, Tatamá,El Duende, Cerro Plateado y Farallones de Cali, también se ve comprometida cuando los hábitats de transición del gradiente

altitudinal se degradan y reducen la permeabilidad del paisaje. Como resultado, aumenta el aislamiento de las poblaciones y se incrementa el riesgo de extinción local de anfibios, aves y plantas con distribuciones restringidas a estos ecosistemas de alta montaña.

Todos estos procesos terminan afectando de manera directa a las comunidades humanas que dependen del agua regulada por los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico. Los municipios ubicados en la cuenca del Atrato, como Acandí, Unguía, Carmen del Darién, Bojayá, Vigía del Fuerte y Murindó, en el departamento del Chocó, así como Turbo, Mutatá y Dabeiba, en Antioquia, dependen del caudal del río Atrato y de sus afluentes para el abastecimiento de agua potable, la navegación fluvial que articula la vida económica y social de la región y la productividad pesquera de los complejos cenagosos del Bajo Atrato. Cuando los páramos reducen su capacidad de regulación hídrica durante los eventos de El Niño, estos territorios pueden enfrentar simultáneamente desabastecimiento de agua, disminución de la productividad pesquera y dificultades de movilidad asociadas a la pérdida de navegabilidad.

En el litoral Pacífico, las comunidades afrodescendientes e indígenas de municipios abastecidos por ríos que nacen en la Cordillera Occidental, desde Nuquí y Bahía Solano en el Chocó hasta Olaya Herrera y Tumaco en Nariño, enfrentan escenarios similares de déficit hídrico que comprometen tanto el consumo humano como las actividades agrícolas y pesqueras de las que depende su seguridad alimentaria. En consecuencia, la conservación de los páramos hiperhúmedos constituye una prioridad estratégica para garantizar la seguridad hídrica, la estabilidad ecológica y el bienestar de las poblaciones que habitan a lo largo de todo el gradiente ambiental del Chocó Biogeográfico.

# 3.9. Síntesis

## 3.9.1. Una región con vulnerabilidades distintas.

El primer hallazgo del análisis es que el Chocó Biogeográfico no responde de manera uniforme al fenómeno de El Niño. Los tres comportamientos hidroclimáticos identificados en el primer capítulo de análisis climático del documento: norte, centro y sur, se confirman a lo largo del análisis ecosistémico como realidades ecológicas diferenciadas, con distintos tipos de riesgo, distintos ecosistemas en primera línea y distintas comunidades expuestas.

El sector norte, que comprende el Darién chocoano, el Urabá, el Bajo Atrato, el occidente antioqueño y el sur de Córdoba, es el más susceptible a déficits severos de precipitación. Allí, la combinación de menor humedad oceánica directa, presión ganadera creciente en los bordes del bosque y alta fragmentación de los ecosistemas crea las condiciones para que los períodos secos asociados a El Niño se traduzcan en incendios forestales de gran magnitud, desconexión de los humedales del Bajo Atrato, mortandades masivas de peces y crisis de abastecimiento de agua. El incendio documentado en Unguía en 2024, con 650 hectáreas de bosque consumidas en cinco días y de origen antrópico confirmado por CODECHOCÓ, ilustra con precisión qué ocurre cuando la sequía se superpone a un territorio que ya lleva décadas de presión acumulada sobre sus ecosistemas.

El sector centro o núcleo hiperhúmedo que abarca el Atrato medio, el San Juan, el Baudó, Quibdó, Lloró, Nuquí, Buenaventura y López de Micay no enfrentaría necesariamente la desaparición de la lluvia, sino alteraciones en su continuidad y distribución.

Aquí, el riesgo no es la sequía absoluta, sino la interrupción del pulso hidrológico que sostiene la biodiversidad acuática: la desconexión entre el Atrato y sus ciénagas laterales, el bloqueo de las migraciones reproductivas del bocachico, la pérdida temporal de los hábitats de crianza de peces estuarinos y la reducción de la dinámica de los bosques inundables de cativo. Incluso reducciones moderadas de la precipitación en la cuenca alta pueden traducirse, aguas abajo, en alteraciones ecológicas significativas en los complejos cenagosos de Murindó, Vigía del Fuerte, Carmen del Darién y Riosucio.

El sector sur, desde el litoral caucano hasta los grandes deltas nariñenses de Tumaco, El Charco, Mosquera, La Tola, Francisco Pizarro y Olaya Herrera, concentra la mayor extensión de manglares del país y la mayor dependencia de la piangua como recurso de vida para las comunidades afrocolombianas e indígenas. Aquí, el riesgo se expresa como la combinación de estrés salino en estuarios, reducción de la productividad del manglar, mortandad de piangua bajo condiciones de hipersalinidad o hiposalinidad extrema y degradación de los bosques de tierra firme, que ya enfrentan la presión de la palma de aceite, la minería ilegal y los cultivos ilícitos. En este sector, El Niño no actúa sobre ecosistemas intactos, sino sobre sistemas que llevan décadas de deterioro acumulado y cuya capacidad de recuperación ha disminuido considerablemente.

## 3.9.2. Los ecosistemas más vulnerables.

El análisis permite identificar con claridad los ecosistemas que presentarían la mayor vulnerabilidad ante el evento de 2026-2027. Los arrecifes coralinos del Pacífico colombiano encabezan esa lista. Con apenas 1.470 hectáreas distribuidas entre Gorgona, Malpelo, Utría y Punta Tebada, y tras haber sufrido una mortalidad superior al 70 % en la Ensenada de Utría durante el

blanqueamiento de 2023, estos arrecifes llegarían al evento 2026-2027 en un estado de recuperación incompleto. Los corales ramificados de Pocillopora, la especie constructora dominante en el Pacífico colombiano, tardan entre 10 y 20 años en regenerarse, lo que significa que un nuevo evento térmico intenso encontraría arrecifes debilitados, sin capacidad de absorción adicional. La pérdida funcional de estos sistemas no sería reversible en escalas de tiempo humanas.

Los manglares del Pacífico colombiano, con 194.880 hectáreas, que representan el 68,4 % de la cobertura nacional, constituyen el segundo ecosistema de mayor vulnerabilidad, particularmente en sus franjas estuarinas, más expuestas a la reducción de los caudales fluviales. Entre 2009 y 2019, la cobertura de manglar del Pacífico colombiano disminuyó en más de 10.000 hectáreas; los sectores más fragmentados o con alteraciones hidrológicas previas, como los complejos del delta del Patía y del Mira en Nariño, serían los primeros en mostrar los efectos del estrés salino o de la sedimentación extraordinaria durante el evento.

Los humedales del Bajo Atrato y del sistema cenagoso del Atrato medio conforman el tercer ecosistema en riesgo crítico. Su vulnerabilidad no radica en su extensión, la más vasta de la región, sino en la fragilidad del pulso hidrológico que los sostiene. Los complejos cenagosos someros y los caños de intercambio son los primeros en desconectarse cuando el nivel del Atrato desciende, y esa desconexión desencadena una cascada de efectos que va desde la hipoxia y las mortandades de peces hasta la interrupción de los ciclos reproductivos de las especies migradoras, y la proliferación de macrófitas invasoras cuya descomposición, por las altas temperaturas, genera pérdida de oxígeno disuelto para especies sensibles.

Los bosques secos tropicales del Valle del Cauca, con apenas 79.737 hectáreas, fragmentados y rodeados de paisajes



altamente intervenidos, son los ecosistemas con menor resiliencia ante cualquier evento climático extremo. Ya operan sobre el límite de su viabilidad ecológica; la sequía asociada a El Niño puede desencadenar en ellos una cascada de mortalidad de plántulas, cese de la regeneración natural, pérdida de sitios de anidación de aves y disminución de la conectividad ecológica que resulte irreversible, con fragmentos que ya no tienen capacidad de recolonización desde sistemas cercanos.

Los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico, Paramillo, Frontino-Urrao, Citará, Tatamá, El Duende, Cerro Plateado, Farallones de Cali y los sectores occidentales de Chiles-Cumbal presentan una vulnerabilidad diferenciada según su posición en el gradiente biogeográfico. Los complejos de los extremos norte y sur, con mayor influencia continental y menor exposición directa a la humedad oceánica, son los más susceptibles a incendios y a reducciones de caudal durante los eventos intensos de El Niño. El incendio ocurrido en el complejo Frontino-Urrao durante la fase final del evento 2009-2010, que afectó 253 hectáreas de vegetación paramuna e impactó frailejonales de Espeletia frontinoensis y bosques de Polylepis, únicos en la cordillera Occidental, ofrece la referencia más precisa disponible para evaluar los riesgos que enfrentarían estos ecosistemas ante el evento 2026-2027. Los páramos del núcleo central, Farallones del Citará, Tatamá,

El Duende, Cerro Plateado y Farallones de Cali son, por su condición de hiperhumedad y su difícil acceso, menos susceptibles a incendios, pero podrían ver alteradas su capacidad de captación de niebla, sus humedales altoandinos y la regulación hídrica de las cuencas que de ellos dependen, aun sin llegar a episodios de fuego.

## 3.9.3. Las funciones ecológicas más amenazadas

La primera y más estratégica es la regulación hídrica. Los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico regulan los caudales mínimos de los ríos Atrato, San Juan, Baudó, Dagua, Anchicayá, Micay, Guapi, Patía y Mira, entre muchos otros. Sus 16.447,6 hectáreas de humedales altoandinos, turberas y lagunas de montaña actúan como reservorios de agua de liberación lenta que sostienen el flujo base de toda la red hidrográfica durante los períodos de menor precipitación. Cuando esa función se altera, incluso parcialmente, los efectos se propagan aguas abajo con una intensidad que supera con creces la magnitud de la perturbación original.

La segunda función amenazada es la conectividad ecológica, entendida como un sistema continuo que articula el corredor vertical páramo-bosque-humedal-manglar-pasto marino-arrecife con el corredor costero, el cual conecta los tres ecosistemas marinos entre sí. En el Caribe chocoano, los manglares del Golfo de Urabá filtran los sedimentos del Atrato antes de que lleguen a los arrecifes de Acandí y Necoclí; los pastos marinos de las 264 hectáreas entre Acandí y Necoclí estabilizan los fondos y mantienen la calidad del agua que los corales necesitan para sobrevivir. Simultáneamente, el corredor altitudinal entre páramos, bosques altoandinos, bosques de niebla, bosques secos y bosques húmedos tropicales facilita el

movimiento estacional de aves, mamíferos, insectos y plantas y permite la dispersión de semillas y el intercambio genético entre poblaciones de montaña. Cuando El Niño deteriora simultáneamente ambas dimensiones de la conectividad, la sinergia de los impactos no es aditiva sino multiplicativa: la función de nursery que sostiene las pesquerías artesanales depende de que los tres ecosistemas costeros funcionen a la vez, y la resiliencia de las especies endémicas de montaña depende de que el corredor altitudinal permanezca permeable.

La tercera función amenazada es la productividad pesquera fluvial, cuyo motor ecológico es el pulso de inundación del río Atrato. El ciclo reproductivo del bocachico, la especie más importante de la pesca artesanal en este río depende de que las aguas de desborde transporten los alevinos a las planicies de inundación en el momento preciso. Una sola falla en ese pulso elimina el reclutamiento de una cohorte completa, con efectos sobre la biomasa disponible para la pesca durante los dos o tres años siguientes. Esa dependencia absoluta de la sincronía hidrológica convierte al bocachico y a los complejos cenagosos del Atrato en el indicador más sensible de la salud hídrica de todo el sistema

La cuarta función amenazada involucra varios procesos ecológicos que actúan de forma sincronizada: la dispersión de semillas, la polinización y la regeneración del bosque. En el bosque húmedo tropical y en el bosque seco de la región, la desincronización fenológica provocada por El Niño interrumpe la disponibilidad de flores y frutos en los períodos de mayor demanda de polinizadores y dispersores. La pérdida temporal de los grandes frugívoros como los tapiríes, los pecaríes, los primates dispersores de semillas y de los polinizadores especializados como las abejas, los colibríes, los murciélagos como vectores de reproducción, compromete la regeneración

natural del bosque en las áreas abiertas por incendios, deslizamientos y deforestación, reduciendo la capacidad del ecosistema de recuperar su cobertura y funcionalidad después del evento. En los fragmentos de bosque seco ya aislados del Valle del Cauca, donde no hay fuentes externas de recolonización, esta pérdida puede ser permanente.

## 3.9.4. Una cadena que se rompe desde arriba y desde abajo

El hallazgo central de este análisis es que el Chocó Biogeográfico funciona como un sistema ecológico único e indivisible, estructurado como una cadena de interdependencias que conecta de manera continua las cumbres andinas con el mar Caribe y el océano Pacífico. A diferencia de otras regiones donde los ecosistemas pueden analizarse de forma relativamente independiente, en el Chocó Biogeográfico cada uno depende del funcionamiento del siguiente. Los páramos regulan el agua que alimenta los bosques de niebla; estos mantienen el suministro hídrico hacia los bosques húmedos de tierras bajas; los ríos transportan agua, sedimentos y nutrientes hacia los complejos cenagosos y estuarios; los manglares estabilizan la línea costera y sostienen la productividad pesquera; y los arrecifes coralinos dependen de ese equilibrio para mantener su biodiversidad y capacidad de recuperación. Cuando uno de estos componentes pierde funcionalidad, los efectos se propagan progresivamente a todo el sistema.

Los escenarios analizados indican que un evento intenso de El Niño durante 2026-2027 podría alterar simultáneamente varios de estos procesos ecológicos. La disminución de la precipitación y de la captación horizontal de niebla reduce la capacidad de regulación hídrica de los páramos y bosques de niebla, lo que disminuye el aporte de agua a las cuencas altas.

Esa reducción se refleja posteriormente en menores caudales de ríos como el Atrato, San Juan, Baudó, Dagua, Micay, Guapi, Patía y Mira, lo que afecta el pulso hidrológico que sostiene la dinámica ecológica de humedales, bosques inundables y complejos cenagosos. La pérdida de conectividad entre ríos y planicies de inundación limita los procesos reproductivos de numerosas especies de peces, disminuye la renovación de nutrientes y reduce la productividad biológica de los humedales.

Al mismo tiempo, la reducción del caudal de los ríos altera el equilibrio entre el agua dulce y el agua marina en estuarios y deltas. El incremento de la salinidad, acompañado del aumento de la temperatura y de la disminución del recambio hídrico, genera condiciones de estrés para los manglares, disminuye la regeneración natural, favorece la expansión de especies oportunistas y reduce la disponibilidad de hábitats para peces, crustáceos y moluscos. La pérdida de productividad de estos ecosistemas repercute directamente en las poblaciones de peces que utilizan los manglares como zonas de reproducción, alimentación y refugio durante sus primeras etapas de vida. Como consecuencia, disminuye el número de juveniles que posteriormente migran hacia las praderas de pastos marinos y los arrecifes coralinos, lo que debilita toda la red trófica marina.

Los arrecifes coralinos enfrentan simultáneamente un segundo factor de presión: el calentamiento anómalo del mar asociado a El Niño. El incremento sostenido de la temperatura favorece episodios de blanqueamiento coralino, reduce las tasas de crecimiento y de calcificación y aumenta la susceptibilidad a enfermedades. Cuando estos procesos ocurren simultáneamente con la disminución del aporte de peces provenientes de manglares funcionales y con la alteración del equilibrio ecológico de los estuarios, los arrecifes llegan al evento con una resiliencia considerablemente menor. En otras palabras, no solo enfrentan el

estrés térmico, sino también la pérdida progresiva de los procesos ecológicos que normalmente favorecen su recuperación.

La misma lógica se observa en los ecosistemas continentales. La disminución de la humedad en bosques húmedos, bosques de niebla y páramos afecta la productividad primaria, altera la floración y la fructificación, modifica la disponibilidad de recursos para polinizadores y dispersores de semillas y reduce la regeneración natural del bosque. Estos cambios repercuten en anfibios, aves, mamíferos e insectos especializados, alteran las cadenas tróficas y disminuyen la conectividad ecológica a lo largo del gradiente altitudinal. Cuando estos procesos coinciden con incendios forestales, deslizamientos o actividades antrópicas, los efectos se potencian y reducen la capacidad de recuperación de los ecosistemas en los años posteriores al evento climático.

Precisamente esa simultaneidad convierte al posible evento El Niño 2026-2027 en una amenaza de mayor magnitud que cualquiera de sus impactos considerados por separado. No se trata únicamente del blanqueamiento de los arrecifes coralinos, de la disminución de los caudales, de la mortandad de peces en las ciénagas, de la pérdida de productividad de los manglares, de la reducción de las poblaciones de piangua, del incremento de los incendios forestales o del deterioro de los páramos. El principal riesgo radica en que todos estos procesos pueden ocurrir de manera concurrente y reforzarse mutuamente en ecosistemas que ya presentan distintos grados de fragmentación, pérdida de biodiversidad y deterioro acumulado por eventos climáticos anteriores y múltiples presiones antrópicas.

Las consecuencias trascienden ampliamente el ámbito ecológico. La disminución del agua disponible afecta a los acueductos rurales y municipales, limita la producción agrícola, reduce la

navegabilidad de los ríos y disminuye la productividad pesquera, que sostiene la seguridad alimentaria de miles de familias. La pérdida de biodiversidad compromete, además, prácticas culturales, conocimientos tradicionales y actividades económicas desarrolladas por comunidades indígenas, afrodescendientes y campesinas, cuya relación con estos ecosistemas se ha forjado a lo largo de siglos. Por ello, los impactos de El Niño deben entenderse no solo como una crisis ambiental, sino también como un riesgo para la estabilidad social, económica y cultural del territorio.

En consecuencia, la preparación frente a un posible evento de El Niño 2026-2027 exige abandonar la visión fragmentada con la que tradicionalmente se gestionan los ecosistemas. Proteger un arrecife sin conservar el manglar que sustenta parte de su productividad constituye una intervención incompleta. Recuperar un manglar sin garantizar el caudal de los ríos que regulan su salinidad tendrá efectos limitados. Del mismo modo, implementar medidas en los ríos sin proteger los bosques de niebla y los páramos que regulan la disponibilidad de agua significa intervenir únicamente en las consecuencias y no en las causas del problema. La magnitud del riesgo exige una respuesta que considere el funcionamiento integrado del sistema ecológico, fortalezca el monitoreo de los ecosistemas estratégicos, promueva la restauración de corredores ecológicos y articule la gestión del agua, de la biodiversidad y del territorio bajo un enfoque interdisciplinario e intersectorial. Solo una estrategia construida a partir de la comprensión de estas interdependencias y del conocimiento acumulado por las comunidades indígenas, afrodescendientes y campesinas permitirá incrementar la resiliencia del Chocó Biogeográfico frente a los eventos climáticos extremos que, de acuerdo con la evidencia científica, serán cada vez más frecuentes e intensos durante las próximas décadas.

# 3.10. Recomendaciones

## 3.10.1. Los arrecifes coralinos Monitoreo y alerta temprana

Establecer, antes del segundo semestre de 2026, una red de termómetros de registro continuo en los principales núcleos arrecifales de la Ensenada de Utría (municipio de Bahía Solano, Chocó) y en los arrecifes de Capurganá-Sapzurro (Acandí, Chocó), integrada al Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos (SIMAC) y conectada con las alertas de la herramienta Coral Reef Watch de la NOAA para la activación temprana de protocolos de respuesta ante grados de calentamiento (DHW) iguales o superiores a 4 °C-semana. (INVEMAR / PNN / MADS)

- Diseñar e implementar un protocolo de respuesta escalonada ante el blanqueamiento coralino que establezca umbrales de activación, responsables institucionales, acciones de manejo y canales de comunicación con las comunidades pesqueras de El Valle, Bahía Solano y Nuquí en el Chocó, y de Capurganá, Sapzurro y Acandí en el sector Caribe, considerando que estas comunidades dependen de los peces arrecifales como fuente directa de proteína e ingresos. (PNN / CODECHOCÓ / Alcaldías)
- Realizar una evaluación del estado de salud de los arrecifes de Utría, Capurganá y Necoclí mediante transectos de cobertura coralina viva y relevamientos fotográficos estandarizados, de manera que exista una línea base documentada contra la cual medir los efectos del evento. (INVEMAR / PNN)

## Manejo adaptativo durante el evento en los arrecifes de corales

- Suspender preventivamente las actividades de buceo y snorkel en los arrecifes de la Ensenada de Utría y Capurganá durante los períodos en que los registros de temperatura superen el umbral de

blanqueamiento por más de dos semanas consecutivas, priorizando la reducción del estrés mecánico sobre las colonias en condición de blanqueamiento activo. (PNN / Alcaldía de Bahía Solano / Alcaldía de Nuquí / Alcaldía de Acandí / Alcadía de Tumaco)

- Implementar vedas temporales de pesca artesanal en las zonas de exclusión de los PNN Utría y Sanquianga durante los períodos de blanqueamiento, acompañadas de mecanismos de compensación económica y de información a los consejos comunitarios y comunidades de pescadores para garantizar su cumplimiento efectivo y voluntario. (PNN / MADS / Gobernación del Chocó / CC Los Riscales, Los Delfines, Consejos Comunitarios Bajo Tapaje y ODEMAP Mosquera Norte, Consejo Comunitario Gualmar)
- Establecer, en coordinación con INVEMAR y la Red de Monitoreo Comunitario, un programa de capacitación a pescadores artesanales y guías de turismo de Bahía Solano, Nuquí, El Valle y Acandí para la identificación y reporte temprano de blanqueamiento coralino, mortalidad de peces arrecifales y proliferación de algas oportunistas, contribuyendo a la densificación de la red de observación ecosistémica. (INVEMAR / IIAP / Comunidades / CC).

## Reducción de presiones concurrentes

- Reforzar los controles sobre la pesca con métodos destructivos, en especial el uso de redes de arrastre, buceo con compresores y mallas de baja selectividad, en las zonas de amortiguación de los PNN Utría y el santuario de Fauna Playón y Playona; la sobreexplotación de peces herbívoros reduce la capacidad de los arrecifes de recuperarse del blanqueamiento al favorecer la proliferación de algas. (MADS / PNN / DIMAR / Armada Nacional)

- Controlar los vertimientos de aguas residuales, residuos sólidos y lixiviados provenientes de los centros poblados de El Valle, Bahía Solano, Capurganá y Sapzurro que drenan hacia las zonas coralinas, priorizando la construcción o el mejoramiento de sistemas de tratamiento de aguas antes del inicio del período crítico. (Alcaldías: Bahía Solano, Nuquí, Acandí, Necoclí / Gobernación del Chocó / Gobernación de Antioquia / CODECHOCÓ)

## 3.10.2.Pastos marinos del Caribe chocoano

- Establecer zonas de exclusión de embarcaciones de motor y de fondeo de anclas en los parches de Thalassia testudinum, Syringodium filiforme y Halodule wrightii en Capurgana (Ensenada de Pinorroa, Islotes Napú y Terrón de Azúcar) y Sapzurro, mediante la señalización física de sus límites y la socialización de las medidas con los operadores turísticos y pescadores artesanales locales. [DIMAR / Alcaldía de Acandí / CODECHOCO]
- Realizar campañas de educación ambiental con las comunidades de Sapzurro y Capurganá sobre la función ecológica de los pastos marinos como zonas de crianza de peces comerciales y hábitat del manatí, vinculando este conocimiento con la gestión comunitaria del territorio marino. [CC COCOMANORTE / Alcaldía de Acandí / CODECHOCÓ].

## 3.10.3. Manglares del Caribe chocoano y del Pacífico colombiano

- Decretar vedas preventivas y diferidas de extracción de piangua (Anadara tuberculosa, A. Similis) en los sectores de manglar con mayor riesgo de hipersalinización durante el evento, en particular los estuarios del río Patía, del río Mira y del sistema Sanquianga-Tapaje en Nariño, y los sectores del Bajo San Juan,

Bajo Baudó, Nuquí, articuladas con mecanismos de apoyo alimentario de emergencia para las más de 11.000 piangüeras cuya actividad sería suspendida. (MADS / CORPONARIÑO / CODECHOCÓ / Alcaldías: Tumaco, Bajo San Juan, Bajo Baudó, Nuquí / CC Los Riscales, CONCOSTA, ACADESAN, Bajo Mira y Frontera, Río Rosario,Río Mejicano, RECOMPAS, Acapa, El Progreso del Río Nerete, Unión Patía Viejo, Prodefensa del Río Tapaje, Consejo Comunitario Prodefensa del Río Tapaje, Río Sanquianga, Bajo Tapaje, Gualmar, Playas Unidas, ODEMAP Mosquera Norte, OEMAP Mosquera Sur, Punta Mulatos, ASOCOETNAR)

- Instalar estaciones de monitoreo de salinidad en los principales estuarios de alto riesgo, delta del Patía (Tumaco y Mosquera, Nariño), delta del Mira (Francisco Pizarro, Nariño), estuario del San Juan (El Litoral del San Juan, Chocó) y delta del Atrato (Riosucio, Unguía, Chocó),: delta del Patía (Tumaco y Mosquera, Nariño), delta del Mira (Francisco Pizarro, Nariño), estuario del San Juan (El Litoral del San Juan, Chocó) y delta del Atrato (Riosucio y Unguía), ara la detección temprana de la cuña salina y la activación oportuna de medidas de manejo. (IDEAM / CORPONARIÑO / CODECHOCÓ / INVEMAR)
- Suspender temporalmente toda actividad de tala, quema y expansión agropecuaria dentro de las zonas de manglar y sus áreas de amortiguación durante el período del evento, reforzando la vigilancia y el control en los sectores con antecedentes de intervención ilegal en los municipios de Tumaco, Mosquera, La Tola, El Charco, Francisco Pizarro, Olaya Herrera y Santa Bárbara de Iscuandé (Nariño), y en el litoral chocoano entre Nuquí y el Litoral del San Juan. (CORPONARIÑO / CODECHOCÓ / PNN / Alcaldías)
- Iniciar, antes del período de mayor riesgo, un proceso de restauración activa de manglar mediante la producción y plantación de propágulos de Rhizophora mangle y Pelliciera rhizophorae en los sectores del PNN Sanquianga con mayor

cobertura de manglar muerto o degradado, priorizando las áreas con mayor densidad de piangüeras dependientes y mayor riesgo de erosión costera. (PNN / CORPONARIÑO / IIAP / CC)

- Fortalecer los mecanismos de transferencia de recursos desde el Fondo de Sostenibilidad Ambiental del MADS hacia los consejos comunitarios del litoral Pacífico para financiar la vigilancia comunitaria de los manglares durante el evento, reconociendo el papel histórico de estas comunidades como guardianas de facto del ecosistema. (MADS / MINCIT / Gobernaciones / CC Río Sanquianga, Playas Unidas, Bajo Tapaje, Prodefensa del Río Tapaje, Gualmar, ODEMAP Mosquera Norte, ODEMAP Mosquera Sur).

## 3.10.4. Humedales del sistema Atrato-Caribe y del Pacífico colombiano

## Monitoreo hidrológico y alerta temprana

- Reactivar y fortalecer las estaciones limnimétricas del IDEAM en las cuencas del Atrato, San Juan, Baudó y Patía, asegurando transmisión de datos en tiempo real y comunicación directa de los umbrales críticos a los Consejos Comunitarios e instituciones municipales de los departamentos del Chocó, Antioquia y Nariño, con especial atención a los municipios sin conectividad vial. (IDEAM / MADS / Gobernación del Chocó)

- Definir umbrales hidráulicos críticos para los principales complejos cenagosos del Atrato, en particular los complejos Tumaradó, Perancho, La Honda e Isla de los Palacios, por debajo de los cuales se activarían protocolos de emergencia pesquera y alimentaria, basados en el análisis de series históricas de caudal del IDEAM y en el conocimiento ecológico local de las comunidades ribereñas. (IDEAM / IIAP / Alcaldías / CC / RI)

- Establecer un sistema comunitario de monitoreo del nivel de las ciénagas en los municipios de Murindó y Vigía del Fuerte (Antioquia), Bojayá, Medio Atrato y Carmen del Darién (Chocó), capacitando a líderes comunitarios para el registro periódico de niveles de agua, temperatura y calidad observada, con reporte mensual al IIAP y al sistema de alerta departamental. (IIAP / Alcaldías / CC / Resguardos Indigenas)

## Protección de los ciclos reproductivos de los peces

- Establecer vedas de pesca artesanal en las ciénagas reproductivas críticas del Atrato, con especial énfasis en los complejos cenagosos de Murindó, la ciénaga Remacho y los humedales del bajo Bojayá, durante los períodos de estiaje más severo, acompañadas de alternativas alimentarias de emergencia para las comunidades afectadas, en reconocimiento de que la veda en período de crisis sin compensación se convierte en una medida ineficaz o socialmente inaplicable. (CODECHOCÓ / CORPOURABÁ / Alcaldías / CC)

- Identificar y proteger los pozos y refugios acuáticos profundos que actúan como reservorios de fauna íctica durante los períodos de estiaje extremo, denominados localmente 'playones' o 'pozos hondos', mediante acuerdos de uso con las comunidades ribereñas que restrinjan la pesca en estos puntos durante el período crítico del evento. (IIAP / CC / RI / Alcaldías)

- Incorporar en los planes municipales de gestión del riesgo de los municipios del Bajo Atrato (Riosucio, Carmen del Darién, Unguía, Acandí) la variable de mortandad masiva de peces por hipoxia asociada a El Niño como escenario explícito de riesgo, con protocolos de respuesta que incluyan el retiro controlado de los

peces muertos para evitar la contaminación del agua de consumo. (Alcaldías / Gobernación del Chocó / UNGRD / DAPARD)

## Prevención de incendios en bosques inundables y de tierra firme

- Implementar planes de prevención de incendios forestales en los municipios con mayor vulnerabilidad pirológica en el sector norte del Chocó Biogeográfico, Unguía, Riosucio, Carmen del Darién, Acandí, Turbo y Mutatá, que incluyan la suspensión de quemas agropecuarias a partir del mes de octubre de 2026, el establecimiento de cortafuegos en los bordes bosque-potrero, y el fortalecimiento operativo de los cuerpos de bomberos voluntarios con equipo, formación y apoyo logístico. (CODECHOCÓ / CORPOURABÁ / Alcaldías / UNGRD / DAPARD)

- Activar sistemas de vigilancia satelital de puntos de calor en la plataforma del IDEAM con alertas automáticas a las corporaciones autónomas del Chocó, Antioquia, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, con un protocolo de respuesta que establezca tiempos máximos de atención diferenciados según la proximidad del punto de calor a ecosistemas estratégicos, manglares, bosques inundables, corredores biológicos, zonas de páramo. (IDEAM / CODECHOCÓ / CORPOURABÁ / CORPONARIÑO / CVC / CRC)

- Promover acuerdos de conservación con los propietarios de predios ganaderos colindantes con bosques naturales en los municipios del Bajo Atrato y el Urabá chocoano-antioqueño, mediante los cuales se comprometan a no realizar quemas durante el período del evento a cambio de asistencia técnica en manejo silvopastoril, reconociendo que el fuego de origen antrópico es la causa principal de los incendios en esta zona. (CORPOURABÁ / CODECHOCÓ / Alcaldías / IIAP / CC)

## 3.10.5 Bosques húmedos tropicales y bosques secos

- Declarar alerta preventiva de incendios forestales en los ecosistemas de bosque seco tropical del Valle del Cauca, municipios de Dagua, La Cumbre, Restrepo, Vijes y Versalles, en coordinación con la CVC, antes del inicio del período de mayor riesgo climático (octubre-diciembre 2026), activando brigadas comunitarias de prevención y control en los bordes de los fragmentos remanentes. (CVC / Alcaldías Valle del Cauca / UNGRD)

- Diseñar e implementar corredores de conectividad ecológica entre los fragmentos de bosque seco del Valle del Cauca, incorporando especies nativas caducifolias y xerofíticas en los predios privados y comunitarios de transición, mediante incentivos tributarios y de asistencia técnica que hagan viable la restauración en predios actualmente dedicados a pasturas o cultivos de subsistencia. (CVC / Alcaldías / MADS / Propietarios privados)

- Realizar inventarios de fauna y flora en los remanentes de bosque seco de Dagua, La Cumbre y Versalles antes del inicio del período de mayor riesgo, con especial atención a las especies de cactáceas columnares (Stenocereus griseus, Pilosocereus colombianus) que actúan como sitios de anidación para aves endémicas y cuya pérdida por el evento no tendría recuperación en escala de tiempo humana. (IIAP / CVC / Universidades / CRC)

- Fortalecer los Comités Locales de Prevención y Atención de Desastres (CLOPAD) de los municipios del litoral Pacífico de Cauca y Nariño, López de Micay, Timbiquí, Guapi, Tumaco, El Charco, Mosquera, La Tola, Francisco Pizarro y Olaya Herrera,

con información actualizada sobre el estado del bosque de tierra firme adyacente y capacidad de respuesta ante incendios que puedan iniciarse en áreas de uso agropecuario limítrofes. (Alcaldías / Gobernaciones / UNGRD / CRC / CORPONARIÑO)

## 3.10.6. Bosques de niebla y páramos hiperhúmedos

## Monitoreo hidrológico y climático de alta montaña

- Instalar estaciones hidrometeorológicas automáticas en los complejos paramunos de Frontino-Urrao (Antioquia), Farallones del Citará (Antioquia-Chocó) y Tatamá (Risaralda-Chocó) que registren precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y nivel freático, con transmisión de datos en tiempo real al IDEAM y a las corporaciones autónomas regionales, como insumo para la activación temprana de alertas hídricas en las cuencas bajas. (IDEAM / CORANTIOQUIA / CORPOURABÁ / CARDER / CODECHOCÓ)

- Establecer una red de monitoreo de caudales en las quebradas y ríos nacientes en los páramos del Chocó Biogeográfico, con puntos de aforo en las cuencas altas del Atrato, el San Juan, el Baudó, el Murindó, el Dagua y el Anchicayá, que permitan detectar descensos de caudal superiores al 30 % respecto a la media histórica mensual y activar alertas a los sistemas de acueducto dependientes de esas cuencas. (IDEAM / CORANTIOQUIA / CVC / CODECHOCÓ / CARDER)

- Desarrollar, en conjunto con el Instituto de Hidrología Alexander von Humboldt y el IIAP, modelos de vulnerabilidad hídrica de los páramos hiperhúmedos del Chocó Biogeográfico bajo escenarios de El Niño 2026-2027, que cuantifiquen la

reducción esperada de captación de niebla y de almacenamiento en turberas, y traduzcan esos datos en estimaciones de reducción de caudal para las cuencas abastecedoras. (IDEAM / IAVH / IIAP / CORANTIOQUIA / MADS)

## Prevención de incendios paramunos

- Reforzar la vigilancia y el control del fuego en la franja de transición bosque altoandino-área agropecuaria de los complejos Frontino-Urrao y Paramillo (Antioquia-Córdoba), zona donde se produjo el incendio de 253 hectáreas durante El Niño 2009-2010, mediante la conformación o fortalecimiento de brigadas comunitarias de prevención capacitadas en detección temprana, combate inicial y primeros auxilios ecológicos post-incendio. (CORANTIOQUIA / CORPOURABÁ / PNN / Alcaldías de Frontino y Urrao)

- Prohibir explícitamente, mediante resolución de las corporaciones autónomas regionales competentes (CORANTIOQUIA, CORPOURABÁ, CARDER, CVC, CODECHOCÓ, CRC, CORPONARIÑO), cualquier actividad de quema en un radio de cinco kilómetros alrededor del límite de los complejos paramunos durante el período de mayor riesgo climático (octubre 2026 a abril 2027), con operativos de control y sanción efectiva. (CORANTIOQUIA / CORPOURABÁ / CARDER / CVC / Alcaldías)

- Diseñar e implementar un protocolo de restauración de emergencia post-incendio para los ecosistemas paramunos del Chocó Biogeográfico, que incluya la propagación ex situ de frailejones (Espeletia frontinoensis, E. chocoensis), la recolección y almacenamiento de semillas de especies endémicas de páramo –en particular Puya antioquensis y los bosques de Polylepis del complejo Frontino-Urrao, únicos en la Cordillera Occidental– y la rehabilitación de humedales altoandinos afectados. (IAVH / CORANTIOQUIA / PNN / Jardín Botánico de Medellín)



# CAPÍTULO 4.

# EFECTOS EN LOS SISTEMAS AGROALIMENTARIOS

El principal elemento que sustenta la productividad de la región lo constituye el suelo, Los suelos de la región son el resultado de una intensa interacción entre procesos tectónicos, sedimentarios y climáticos. Aunque en gran parte presentan alta acidez, fuerte lixiviación y baja fertilidad química, poseen una extraordinaria capacidad para sostener ecosistemas biodiversos y sistemas agroproductivos tradicionales. Su manejo sostenible requiere enfoques agroecológicos que aprovechen la materia orgánica, la biodiversidad y el conocimiento ancestral desarrollado por las comunidades afrodescendientes e indígenas.

Su productividad también está profundamente ligada a los aportes de nutrientes provenientes de las subidas y bajadas de corrientes de ríos y quebradas que depositan finas partículas de limos y arcillas en los diques aluviales o vegas, así como el reciclaje por descomposición de restos de troncos y ramas que son dejados al momento de la preparación de lotes para la actividad agrícola (socola y pica del bosque), de los residuos de cosechas anteriores y la caída de hojas y ramas de las barreras vivas y los bosques de respaldo. Estas condiciones determinan la formación de suelos aluviales recientes asociados a los ríos Atrato, San Juan, Baudó, Mira, Patía y Guapi, con características particulares que influyen directamente en su fertilidad, capacidad productiva y por consiguiente en los sistemas agroalimentarios de las comunidades nativas.

De otro lado, los eventos climáticos extremos asociados a los fenómenos de El Niño han generado impactos significativos sobre los sistemas agroalimentarios tradicionales, evidenciando la alta

vulnerabilidad de las comunidades afrodescendientes e indígenas que dependen de la agricultura familiar y la pesca artesanal para su subsistencia.

Durante el evento El Niño 2015-2016, nuevamente se registraron afectaciones severas en el sur del Chocó Biogeográfico. La disminución de las precipitaciones generó déficit hídrico en las cuencas de los ríos Mira, Patía, Telembi y Sanquianga, afectando tanto la producción agroalimentaria como la pesca artesanal en Tumaco, principal centro pesquero del Pacífico colombiano.

Así mismo, uno de los casos más representativos ocurrió entre noviembre y diciembre de 2017 en los municipios de Medio Atrato, Bojayá, Riosucio y Carmen del Darién, donde las crecientes extraordinarias del río Atrato inundaron extensas áreas productivas ubicadas en las vegas y terrazas bajas de la cuenca. La permanencia de las aguas durante varios días ocasionó la pérdida de cultivos de plátano, maíz, arroz tradicional, yuca y frutales de patio, además de afectar la pesca continental. Como consecuencia, numerosas familias perdieron tanto las cosechas destinadas al consumo y comercialización como el material de siembra para los siguientes ciclos productivos, reduciendo la disponibilidad local de alimentos y aumentando la dependencia de ayudas externas.

Recientemente, entre octubre de 2023 y mayo de 2024, los municipios de Acandí, Unguía, Riosucio y Carmen del Darién, en el norte del Chocó, experimentaron condiciones de sequía asociadas al Fenómeno de El Niño. La disminución prolongada de las precipitaciones redujo los caudales de quebradas y fuentes hídricas utilizadas para abastecimiento y producción agrícola, afectando especialmente los sistemas tradicionales de cacao bajo sombra.

Como resultado, se observaron problemas de envejecimiento prematuro de los cultivos, disminución de la productividad y la necesidad de implementar procesos de rehabilitación para recuperar la capacidad productiva de las fincas y los ingresos de las familias rurales. Este caso evidencia que los efectos de los eventos climáticos extremos pueden extenderse más allá de su duración, generando consecuencias persistentes sobre los sistemas agroalimentarios y los medios de vida de las comunidades.

El siguiente análisis considera dos escenarios que corresponden a los impactos en la producción convencional y de otro lado, las afectaciones a productores tradicionales y pescadores artesanales, como fuente información se utilizó la relacionada con las Evaluaciones de Daños, Pérdidas e Impactos (DPI) de la UNGRD, Fondo Adaptación, DNP y PNUD, en donde, se identifican los territorios más afectados por el fenómeno del niño en 2023 – 2024. La priorización considera también los registros de inundaciones, movimientos en masa, crecientes súbita y afectación agropecuaria reportados por el SNGRD y las gobernaciones, ajustadas con información técnica de la UPRA.

## 4.1 Efectos sobre los sistemas productivos agroalimentarios

Desde un enfoque del IIAP, para la estimación de pérdidas en toneladas para productos agroalimentarios en municipios, corregimientos y territorios colectivos, se integró y analizó información de la base RUNDA (Registro Único Nacional de Damnificados), sistema de Información para la Planificación Rural Agropecuaria de la UPRA (SIPRA), evaluaciones Agroclimáticas del IDEAM y estadísticas agropecuarias municipales de las Secretarías de Agricultura y EVA.

Se muestra a continuación la afectación agroalimentaria en consideración del nivel de daños, pérdidas y riesgos que han sufrido los sistemas de producción agroalimentaria en los municipios donde el fenómeno ha tenido mayor incidencia.

## Municipios y territorios con mayores pérdidas agroalimentarias

| Depar tamento | Municipio | Corregimiento / Territorio Colectivo | Productos más afectados | Producción media anual (t) | Pérdida estimada (t) | Reducción (%) | Nivel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nariño | Tumaco | Alto Mira y Frontera | Coco, cacao, plátano | 48.000 | 9.120 | 19 | Muy alta |
| | El Charco | Río Tapaje | Coco, arroz, yuca | 16.200 | 3.402 | 21 | Muy alta |
| | Mosquera | Bocas de Satinga | Coco, cacao | 14.500 | 2.900 | 20 | Alta |
| | Iscuandé | Río Iscuandé | Coco, cacao | 11.600 | 2.320 | 20 | Alta |
| | La Tola | Zona Costera | Coco, plátano | 9.800 | 1.862 | 19 | Alta |
| Cauca | Guapi | Guapi Abajo | Coco, cacao, plátano | 22.400 | 4.704 | 21 | Muy alta |
| | Timbiquí | Río Saija | Coco, plátano, cacao | 18.900 | 3.969 | 21 | Muy alta |
| | López de Micay | Río Naya | Coco, cacao | 15.700 | 3.140 | 20 | Alta |
| Valle del Cauca | Buenaventura | Bajo Calima | Coco, plátano, cacao | 28.300 | 5.377 | 19 | Muy alta |
| | | Yurumanguí | Coco, plátano | 14.200 | 2.698 | 19 | Alta |
| Chocó | Bajo Baudó | Pizarro | Coco, plátano | 12.300 | 2.460 | 20 | Alta |
| | Alto Baudó | Pie de Pató | Plátano, maíz | 13.500 | 2.700 | 20 | Alta |
| | Medio San Juan | ACADESAN | Plátano, cacao, borojó | 14.200 | 2.840 | 20 | Alta |
| | Istmina | San Cristóbal | Chontaduro, cacao | 11.400 | 2.166 | 19 | Alta |
| | Quibdó | Tagachí – COCOMACIA | Plátano, yuca, borojó | 15.600 | 2.964 | 19 | Alta |
| | Lloró | Cuenca del Atrato | Plátano, chontaduro | 17.800 | 3.916 | 22 | Muy alta |
| | Medio Atrato | Beté – COCOMACIA | Plátano, yuca, maíz | 18.400 | 4.232 | 23 | Muy alta |

| Depar tamento | Municipio | Corregimiento / Territorio Colectivo | Productos más afectados | Producción media anual (t) | Pérdida estimada (t) | Reducción (%) | Nivel |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Chocó | Bojayá | Bellavista – COCOMACIA | Plátano, arroz, maíz, yuca | 22.500 | 5.175 | 23 | Muy alta |
| | Riosucio | Truandó – Salaquí | Plátano, arroz, coco | 21.500 | 4.730 | 22 | Muy alta |
| | Carmen del Darién | Curvaradó – Jiguamiandó | Plátano, cacao, maíz | 25.300 | 5.313 | 21 | Muy alta |
| Risaralda | Pueblo Rico | Santa Cecilia | Plátano, maíz, frijol, yuca | 16.800 | 3.528 | 21 | Muy alta |
| | Mistrató | San Antonio del Chamí | Plátano, maíz, frijol | 14.500 | 2.900 | 20 | Alta |
| Córdoba | Valencia | Río Verde | Maíz, yuca, ñame, plátano | 24.600 | 5.166 | 21 | Muy alta |
| | Tierralta | Frasquillo – Alto Sinú | Maíz, yuca, plátano, cacao | 32.500 | 7.150 | 22 | Muy alta |

La ocurrencia de un Fenómeno de El Niño fuerte o muy fuerte durante el período 2026–2027 representa uno de los mayores riesgos para la producción agroalimentaria, la economía rural y la seguridad alimentaria de las comunidades afrodescendientes, indígenas y campesinas del Chocó Biogeográfico. Los antecedentes registrados durante los eventos de El Niño de 2015–2016, 2017 y 2023–2024 evidencian que la reducción prolongada de las precipitaciones, el incremento de las temperaturas máximas, la disminución de la humedad del suelo y la reducción de los caudales de ríos y quebradas generan impactos significativos sobre los sistemas tradicionales de producción agrícola que sostienen la economía y el abastecimiento alimentario de la región.

En el Pacífico sur colombiano, el municipio de Tumaco constituye la principal despensa agroforestal de la región. Los sistemas productivos de coco (Cocos nucifera), cacao (Theobroma cacao) y plátano (Musa paradisiaca) representan una fuente estratégica de alimentos e ingresos para miles de familias rurales. Bajo un escenario de sequía prolongada, se proyecta una pérdida superior a 9.120 toneladas de alimentos, equivalente a cerca del 20 % de su

producción anual. Esta reducción tendría repercusiones directas sobre el abastecimiento regional, afectando la disponibilidad de materias primas para la transformación agroindustrial, la comercialización local y la exportación de cacao. Las pérdidas económicas podrían superar los 28.000 millones de pesos y ocasionar la reducción de más de 90.000 jornales rurales.

En los municipios de El Charco, Mosquera, Iscuandé y La Tola, donde predominan sistemas tradicionales de coco (Cocos nucifera), arroz (Oriza sativa), yuca, maíz (Zea maíz) y cacao (Theobroma cacao), las pérdidas acumuladas podrían superar las 10.000 toneladas de alimentos. Estas zonas dependen en gran medida de la agricultura de subsistencia y del intercambio comunitario de productos agrícolas, por lo que la disminución de la producción incrementaría significativamente los niveles de vulnerabilidad alimentaria. Asimismo, la reducción de la oferta local obligaría a aumentar la dependencia de alimentos provenientes de otros territorios, elevando los costos de abastecimiento para las comunidades más aisladas.

En el litoral caucano, los municipios de Guapi, Timbiquí y López de Micay constituyen importantes corredores de producción de coco, cacao y plátano. La disminución de los caudales de los ríos Guapi, Saija y Naya afectaría simultáneamente la producción agrícola, el transporte fluvial y la comercialización de alimentos. Se estima que las pérdidas agroalimentarias podrían superar las 11.800 toneladas, generando impactos económicos superiores a los 30.000 millones de pesos. Además de comprometer la seguridad alimentaria local, estas afectaciones reducirían la disponibilidad de materias primas utilizadas en procesos de transformación artesanal y comercialización regional.

En el Pacífico vallecaucano, particularmente en Buenaventura y los territorios de Bajo Calima y Yurumanguí, se proyectan

pérdidas cercanas a las 8.100 toneladas de alimentos. Estos territorios cumplen una doble función estratégica como productores y distribuidores de alimentos para las comunidades costeras. La reducción de la producción de coco, plátano y cacao tendría efectos directos sobre la economía familiar rural y sobre la oferta alimentaria destinada tanto al consumo local como a los mercados urbanos del litoral.

El departamento del Chocó concentra algunos de los territorios con mayor vulnerabilidad frente al fenómeno. En las cuencas del Baudó, San Juan y Atrato, la agricultura tradicional constituye el principal mecanismo de subsistencia de las comunidades rurales. En municipios como Bajo Baudó, Alto Baudó, Medio San Juan, Istmina y Quibdó, las pérdidas proyectadas podrían superar las 13.000 toneladas de alimentos, afectando especialmente la producción de coco, plátano, maíz, cacao, borojó (Borojoa patinoi) y chontaduro (Bactris gasipaes). Estas reducciones comprometerían tanto la seguridad alimentaria como la generación de ingresos de miles de familias productoras.

La situación resulta particularmente crítica en las cuencas de los ríos Atrato y Salaquí consideradas históricamente como las principales despensas agrícolas del Chocó Biogeográfico. Municipios como Lloró, Medio Atrato, Bojayá, Riosucio y Carmen del Darién concentran extensos sistemas tradicionales de producción de plátano, arroz, maíz, yuca y cacao que abastecen numerosas comunidades rurales y centros poblados. Las pérdidas proyectadas para este corredor podrían superar las 23.000 toneladas de alimentos. En Bojayá, por ejemplo, la disminución de la producción de arroz tradicional tendría repercusiones directas sobre la disponibilidad alimentaria de las comunidades ribereñas. En Riosucio y Carmen del Darién, territorios estratégicos para el abastecimiento del Bajo Atrato y la conexión con Urabá, las pérdidas afectarían cadenas completas de comercialización y distribución de alimentos.

Los territorios colectivos de Curvaradó y Jiguamiandó, en Carmen del Darién, presentan una importancia estratégica especial debido a su alta capacidad productiva y a su papel como proveedores de plátano, cacao y maíz para diversos mercados regionales. Las pérdidas proyectadas superiores a 5.300 toneladas podrían traducirse en una disminución significativa de ingresos rurales y en la reducción de oportunidades laborales asociadas a la producción, cosecha y comercialización agrícola.

En la zona de transición andina, los municipios de Pueblo Rico y Mistrató, en Risaralda, desempeñan un papel fundamental en el abastecimiento de alimentos para comunidades indígenas Emberá y pequeños productores campesinos. La reducción de la producción de plátano, maíz, frijol y yuca afectaría no solo la economía local sino también los sistemas alimentarios tradicionales que forman parte de la identidad cultural de estas comunidades. Las pérdidas estimadas cercanas a 6.500 toneladas podrían incrementar significativamente los niveles de inseguridad alimentaria en territorios de alta vulnerabilidad social.

Finalmente, en el Alto Sinú cordobés, los municipios de Valencia y Tierralta aparecen entre los territorios con mayores pérdidas absolutas proyectadas. Tierralta, con una reducción estimada superior a 7.150 toneladas, constituye uno de los principales productores de maíz, yuca, plátano y cacao de la región. La disminución de los caudales y la reducción de la disponibilidad hídrica afectarían la productividad agrícola, generando pérdidas económicas que podrían superar los 20.000 millones de pesos. Valencia, por su parte, enfrentaría una reducción cercana a 5.200 toneladas, comprometiendo la oferta regional de maíz, ñame (Dioscorea rotundata), yuca y plátano.

De manera consolidada, se estima que el Fenómeno de El Niño 2026–2027 podría ocasionar pérdidas agroalimentarias cercanas a 200.000 toneladas en el Chocó Biogeográfico, con un impacto económico estimado entre 420.000 y 520.000 millones de pesos. Estas afectaciones podrían traducirse en la pérdida de entre 1,45 y 1,60 millones de jornales rurales y afectar directamente a más de 82.000 familias que dependen de la agricultura como principal fuente de ingresos y sustento alimentario. Asimismo, se proyecta que entre 48.000 y 55.000 familias podrían enfrentar condiciones temporales de inseguridad alimentaria, especialmente en los territorios más aislados y con menor capacidad de adaptación frente a la variabilidad climática.

En consecuencia, los municipios de Tumaco, Guapi, Buenaventura, Bojayá, Medio Atrato, Riosucio, Carmen del Darién, Tierralta y Valencia deben considerarse territorios prioritarios para la implementación de medidas de adaptación climática, fortalecimiento de la producción resiliente, conservación de fuentes hídricas y protección de los sistemas agroalimentarios tradicionales. La importancia estratégica de estos territorios radica no solo en su capacidad productiva, sino también en su función como proveedores fundamentales de alimentos para amplias regiones del Pacífico colombiano y zonas de transición biogeográfica del país.

## Riesgo de pérdida de bancos de germoplasmas alimentarios

La seguridad alimentaria del Chocó Biogeográfico no depende exclusivamente de la producción agrícola anual, sino también de la conservación de una extraordinaria diversidad genética acumulada durante siglos por comunidades afrodescendientes, indígenas y campesinas. Esta riqueza biocultural se encuentra

representada en numerosos nodos de agrobiodiversidad distribuidos a lo largo del Pacífico colombiano, donde se conservan variedades locales de cultivos alimentarios, especies forestales de uso múltiple, frutales nativos, plantas medicinales y materiales genéticos adaptados a las condiciones ambientales propias de los ecosistemas húmedos tropicales.

A diferencia de los bancos de germoplasma convencionales establecidos en centros de investigación, gran parte del patrimonio genético alimentario del Chocó Biogeográfico se conserva de manera dinámica en sistemas vivos de producción, tales como chagras indígenas, azoteas tradicionales, huertos familiares, sistemas agroforestales, policultivos comunitarios y territorios colectivos. Estos espacios funcionan como verdaderos bancos de germoplasma in situ, donde las semillas, estacas, rizomas y materiales vegetativos son seleccionados, intercambiados y multiplicados permanentemente por las comunidades locales.

La posible ocurrencia de un Fenómeno de El Niño fuerte durante el período 2026–2027 representa una amenaza significativa para estos reservorios de diversidad genética. Las proyecciones climáticas indican una disminución importante de las precipitaciones, incremento de la temperatura ambiental, reducción de la humedad del suelo y alteraciones en los ciclos hidrológicos que podrían afectar simultáneamente la producción agrícola y la capacidad de conservación de los materiales genéticos locales.

En el Pacífico sur nariñense, los territorios colectivos de Alto Mira y Frontera, Río Mira, Chagüí, Rosario y mexicano, ubicados principalmente en el municipio de Tumaco, constituyen uno de los principales centros de diversidad agrícola de toda la región. En estos territorios se conservan numerosas variedades locales de

coco, cacao, plátano, yuca, caña de azúcar, papachina y múltiples frutales nativos que han sido seleccionados por generaciones de agricultores afrodescendientes. La disminución de la disponibilidad hídrica podría afectar los procesos de floración, fructificación y regeneración natural de estas especies, incrementando el riesgo de pérdida de materiales genéticos únicos adaptados a las condiciones ambientales costeras del Pacífico colombiano.

De igual manera, los municipios de El Charco, Mosquera, La Tola e Iscuandé albergan importantes reservas de arroz criollo, maíces tradicionales, yucas locales y variedades de plátano que constituyen la base de la alimentación de numerosas comunidades rurales. La pérdida de estos materiales no solo tendría consecuencias productivas inmediatas, sino que reduciría las opciones de adaptación futura frente al cambio climático, al desaparecer recursos genéticos que poseen características de tolerancia a condiciones ambientales específicas.

En el litoral caucano, particularmente en los municipios de Guapi, Timbiquí y López de Micay, se localiza otro de los grandes núcleos de conservación de agrobiodiversidad del Pacífico colombiano. Los sistemas agroforestales tradicionales establecidos en las cuencas de los ríos Guapi, Saija, Timbiquí y Naya albergan una amplia diversidad de materiales de cacao nativo, coco, plátano, banano, yuca, maíz, chontaduro y numerosas especies medicinales y condimentarías utilizadas por las comunidades afrodescendientes. Muchas de estas variedades han sido adaptadas durante siglos a condiciones de alta humedad y precipitación, por lo que eventos prolongados de sequía podrían comprometer su permanencia y capacidad reproductiva.

En el Pacífico vallecaucano, las cuencas de los ríos Calima, Anchicayá, Yurumanguí, Cajambre y Raposo constituyen

importantes corredores de diversidad genética agrícola. Los sistemas tradicionales de producción conservan múltiples variedades de plátano, cacao, coco, caña panelera y frutales nativos como borojó, chontaduro y caimito. Estos territorios cumplen además una función ecológica estratégica al mantener la conectividad genética entre ecosistemas costeros y zonas de bosque húmedo tropical. La disminución de la humedad ambiental y la alteración de los ciclos reproductivos de numerosas especies podrían afectar significativamente la capacidad de regeneración de estos sistemas.

Dentro del departamento del Chocó, la cuenca del Baudó representa uno de los bancos vivos de germoplasma más importantes del Pacífico colombiano. En los municipios de Alto Baudó y Bajo Baudó se conservan numerosas variedades tradicionales de plátano, maíz, arroz criollo, yuca, ñame y caña de azúcar que constituyen la base de la seguridad alimentaria de las comunidades ribereñas. Los sistemas tradicionales de intercambio de semillas y material vegetativo han permitido mantener durante décadas una elevada diversidad genética. Sin embargo, las condiciones de sequía prolongada podrían reducir la disponibilidad de material reproductivo y acelerar procesos de erosión genética.

La cuenca del río San Juan constituye otro núcleo estratégico de conservación. Los territorios colectivos asociados a organizaciones como ACADESAN concentran importantes poblaciones de cacao criollo, borojó, chontaduro, bacao, guayaba agria y diversas especies alimentarias de uso tradicional. Particularmente preocupante resulta la situación del borojó, especie estrechamente asociada a ecosistemas húmedos y zonas inundables, cuya productividad y regeneración podrían verse severamente afectadas por la reducción de la humedad del suelo y la disminución de los niveles freáticos.

No obstante, el principal nodo de conservación de agrobiodiversidad del Chocó Biogeográfico se localiza en la cuenca media y baja del río Atrato. Los territorios colectivos de COCOMACIA, COCOMOPOCA, COCOMINSA, así como las comunidades de Bellavista, Beté, Tagachí, Napipí, Vigía del Fuerte, Truandó, Salaquí, Curvaradó y Jiguamiandó, albergan una de las mayores concentraciones de recursos fitogenéticos del Pacífico colombiano. En estos territorios se conservan cientos de variedades locales de plátano, arroz criollo, maíz, yuca, caña de azúcar, chontaduro, borojó, hobo, bacao y árbol del pan, muchas de las cuales no se encuentran representadas en bancos de germoplasma institucionales

Al respecto, el IIAP en el marco de trabajo institucional con el MAVDT, identificó y caracterizó más de 50 variedades nativas de arroces cultivadas de manera ancestral por comunidades afrodescendientes, indígenas y campesinas del Chocó Biogeográfico, las cuales han desarrollado un largo proceso de adaptación a las condiciones específicas de la región, cultivadas en pequeñas áreas a orillas de los ríos, las prácticas culturales y el conocimiento tradicional han permitido su conservación, estas variedades se diferencian por el tamaño del grano, color de la cáscara y su comportamiento ante plagas como el ("Chino pequeño" o el "Cuatro mesero"), Igualmente, identificó y caracterizó 4 variedades de maíz Chococito ( Zea maíz), como lo es el maíz amarillo de tusa o grano grande, el maíz de tusa y grano pequeño, el maíz de grano morado, llamado tradicionalmente como jula y el maíz blanco de grano grande y blando, llamado tradicionalmente como capio. Respecto a las musáceas, se ha caracterizado el plátano (musa AAB Simmonds), banano (musa paradisiaca), primitivo (musa acuminata) y popocho (musa sp.), Guineo ( musa paradisiaca)

La relevancia estratégica de esta región trasciende la producción agrícola. Se trata de un verdadero reservorio de diversidad genética construido mediante procesos históricos de selección, intercambio y adaptación desarrollados por comunidades afrodescendientes durante generaciones. La pérdida simultánea de cosechas y materiales de propagación ocasionada por un evento climático extremo podría representar uno de los procesos de erosión genética más significativos registrados en el Pacífico colombiano durante las últimas décadas.

De manera complementaria, los territorios de Curvaradó y Jiguamiandó, en el Darién chocoano, cumplen una función fundamental como corredores biológicos y genéticos entre el Chocó y la región de Urabá. Sus sistemas agroforestales tradicionales conservan materiales de cacao, plátano, maíz y especies forestales alimentarias que contribuyen a mantener la conectividad ecológica y genética de amplias zonas del noroccidente colombiano.

En la zona de transición andina, los municipios de Pueblo Rico y Mistrató albergan importantes reservorios de germoplasma administrados por comunidades indígenas Emberá. Allí se conservan variedades ancestrales de maíz, fríjol, yuca, arracacha, mafafa y numerosas plantas medicinales utilizadas tradicionalmente para la alimentación y la salud comunitaria. La pérdida de estos materiales tendría profundas implicaciones culturales, debido a que forman parte integral del conocimiento tradicional y de los sistemas alimentarios indígenas.

Por su parte, los municipios de Tierralta y Valencia, en el Alto Sinú cordobés, concentran importantes reservas de maíces criollos, ñames, yucas, plátanos y cacao tradicional. La disminución de las precipitaciones proyectada para un evento intenso de El Niño podría afectar significativamente la conservación de semillas y

materiales vegetativos utilizados para las futuras siembras, comprometiendo la resiliencia productiva de estos territorios.

Desde una perspectiva regional, los territorios con mayor riesgo de erosión genética corresponden a la cuenca media y baja del Atrato, los territorios colectivos de Tumaco, las cuencas de Guapi, Timbiquí y Naya, la cuenca del Baudó, los territorios indígenas Emberá de Risaralda y los sistemas agrícolas tradicionales del Alto Sinú. Estos espacios constituyen verdaderos bancos vivos de agrobiodiversidad cuya importancia estratégica radica no solamente en la producción de alimentos, sino en la conservación del patrimonio genético que permitirá la adaptación futura de la agricultura frente al cambio climático.

En consecuencia, la protección de estos nodos de agrobiodiversidad debe convertirse en una prioridad dentro de las estrategias regionales de adaptación climática, seguridad alimentaria y conservación biocultural. La implementación de programas de conservación comunitaria de semillas, establecimiento de bancos locales de germoplasma, fortalecimiento de sistemas agroforestales tradicionales, recuperación de variedades criollas y articulación entre conocimiento ancestral y ciencia moderna resultará fundamental para garantizar la permanencia de este invaluable patrimonio biológico y cultural del Chocó Biogeográfico frente a los crecientes desafíos impuestos por la variabilidad climática.

## 4.2 Estrategias adaptativas comunitarias

Frente a este fenómeno las comunidades y productores tradicionales se han adaptado y recurren a estrategias de manejo basadas en el conocimiento ancestral producto de la observación permanente de los ciclos naturales, el manejo diversificado de los sistemas productivos y el uso de recursos biológicos disponibles en el territorio.

Una de las principales respuestas consiste en el fortalecimiento de los sistemas agroforestales tradicionales, donde cultivos como plátano, cacao, coco, caña y frutales nativos se mantienen asociados con especies forestales. Esta práctica ancestral contribuye a reducir la temperatura del suelo, conservar la humedad durante los periodos secos y disminuir el estrés hídrico de las plantas, lo que reduce la susceptibilidad a plagas y enfermedades.

También suelen aumentar la cobertura vegetal mediante el mantenimiento de árboles nativos y especies de uso múltiple que generan sombra y favorecen la regulación microclimática.

Frente al incremento de insectos cortadores como las hormigas arrieras (Atta cephalotes y Atta colombica), gusano cachón de la yuca (Erinnyis ello), aumento del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) en maíz y arroz, el incremento de chinches del cacao (Monalonion spp.) por estrés hídrico de las plantas. el gusano tornillo (alligo illioneus) en plátano, el gusano canasta (Oiketicus kirbyi ) entre otros, las comunidades nativas aplican preparados naturales elaborados a partir de plantas con propiedades repelentes y biocidas, como ají, tabaco, ajo, anamú, higuerilla y otras especies locales. Estos extractos son utilizados para disminuir las poblaciones de insectos sin afectar la biodiversidad asociada a los sistemas productivos. De igual manera, realizan la recolección manual de insectos y frutos enfermos para evitar la propagación de las infestaciones.

Cuando las sequías reducen la disponibilidad de alimentos, las comunidades implementan estrategias tradicionales de diversificación productiva. La combinación de cultivos de ciclo corto como maíz, yuca y hortalizas locales, junto con actividades de pesca, caza menor y aprovechamiento de productos forestales no maderables, permite reducir el riesgo alimentario

derivado de la pérdida de uno o varios cultivos. Esta diversificación constituye uno de los principales mecanismos de resiliencia de los sistemas productivos ancestrales.

Asimismo, el conocimiento tradicional incorpora indicadores ambientales para anticipar periodos de sequía o lluvias prolongadas, observando el comportamiento de aves, insectos, floraciones, fases lunares y niveles de los ríos. Estos conocimientos permiten ajustar las épocas de siembra, realizar limpias preventivas y planificar actividades de mantenimiento antes de que las afectaciones fitosanitarias alcancen niveles críticos.

Desde una perspectiva integral, las prácticas ancestrales implementadas por los productores tradicionales representan verdaderas estrategias de adaptación basada en ecosistemas. Aunque las condiciones climáticas extremas asociadas a este fenómeno han incrementado la severidad de las afectaciones fitosanitarias en municipios como Lloró, Atrato, Medio Atrato, Bojayá, Riosucio, Acandí, Unguía, Bahía Solano, Juradó, Bajo Baudó, Tumaco, Guapi y Buenaventura, el conocimiento acumulado por las comunidades ha permitido reducir parcialmente las pérdidas productivas y mantener la disponibilidad de alimentos para las familias rurales. Estas experiencias demuestran que los sistemas agroproductivos tradicionales no solo constituyen una forma de producción, sino también una estrategia biocultural de resiliencia frente al cambio climático y las crecientes amenazas a la seguridad alimentaria.

## 4.3 Pérdida de Jornales rurales

Esta pérdida de jornales depende exclusivamente del sistema agro productivo dada la necesidad mayor o menor de jornales

para su establecimiento y mantenimiento, así como a las pérdidas de cosecha en la región, en el siguiente cuadro se resumen dichas afectaciones en el ámbito del empleo rural

| Municipio/ Territorio | Pérdida estimada (t) | Cultivos predominantes | Jornales perdidos estimados |
|---|---|---|---|
| Tumaco | 9.120 | Coco, cacao, plátano | 95.760 |
| Tierra Alta | 7.150 | Maíz, yuca, plátano, cacao | 64.350 |
| Buenaventura (Bajo Calima) | 5.377 | Coco, cacao, plátano | 51.080 |
| Carmen del Darién | 5.313 | Plátano, cacao, maíz | 53.130 |
| Bojayá | 5.175 | Plátano, arroz, maíz, yuca | 46.575 |
| Valencia | 5.166 | Maíz, yuca, ñame, plátano | 41.328 |
| Riosucio | 4.730 | Plátano, arroz, coco | 42.570 |
| Guapi | 4.704 | Coco, cacao, plátano | 44.688 |
| Medio Atrato | 4.232 | Plátano, yuca, maíz | 33.856 |
| Timbiquí | 3.969 | Coco, cacao, plátano | 37.706 |
| Lloró | 3.916 | Plátano, chontaduro | 31.328 |
| Pueblo Rico | 3.528 | Plátano, maíz, yuca | 28.224 |

La ocurrencia de un Fenómeno de El Niño fuerte durante el período 2026–2027 tendría impactos que trascienden la reducción de la producción agroalimentaria y se extienden directamente a la generación de empleo rural. En los territorios del Chocó Biogeográfico, la agricultura continúa siendo una actividad intensiva en mano de obra familiar y comunitaria, donde gran parte de las labores de preparación del terreno, siembra, mantenimiento, cosecha, transporte y transformación primaria dependen del trabajo de productores locales.

Las pérdidas proyectadas de cultivos como plátano, arroz, maíz, yuca, cacao y coco implican necesariamente una disminución de la demanda de mano de obra agrícola. En consecuencia, la reducción de la producción agrícola ocasionada por la disminución de las precipitaciones, el incremento de las temperaturas y la afectación fitosanitaria derivada del estrés hídrico generará una disminución significativa de los ingresos de miles de familias rurales.

El municipio de Tumaco aparece como el territorio con mayores pérdidas de empleo agrícola. La reducción estimada de 9.120 toneladas de alimentos podría traducirse en la pérdida de aproximadamente 95.760 jornales rurales. Esta situación afectaría principalmente a pequeños productores de cacao, coco y plátano, así como a trabajadores vinculados a las labores de cosecha, transporte y comercialización.

En el Alto Sinú cordobés, Tierralta registraría pérdidas cercanas a 64.350 jornales debido a la disminución de la producción de maíz, yuca, plátano y cacao. La reducción de la actividad agrícola repercutiría sobre toda la economía local, afectando el comercio rural, el transporte de productos y las actividades de transformación artesanal.

Buenaventura, particularmente en la zona de Bajo Calima, podría perder más de 51.000 jornales asociados a la producción de coco, cacao y plátano. De manera similar, Carmen del Darién registraría pérdidas superiores a 53.000 jornales debido a la disminución de la producción en los territorios colectivos de Curvaradó y Jiguamiandó, considerados uno de los principales corredores agroalimentarios del norte del Chocó.

La cuenca media y baja del Atrato concentraría una de las mayores afectaciones laborales de la región.



Municipios como Bojayá, Riosucio, Medio Atrato y Lloró podrían acumular pérdidas superiores a 150.000 jornales, comprometiendo la estabilidad económica de miles de familias afrodescendientes que dependen casi exclusivamente de la agricultura tradicional para su subsistencia.

En el litoral caucano, Guapi y Timbiquí podrían perder más de 82.000 jornales agrícolas asociados a los sistemas agroforestales de cacao, coco y plátano. La reducción de estas actividades afectaría simultáneamente la seguridad alimentaria y la capacidad de generación de ingresos en territorios donde existen limitadas alternativas económicas.

Por su parte, Pueblo Rico, en la transición andino pacífica de Risaralda, podría registrar pérdidas cercanas a 28.000 jornales, afectando especialmente a comunidades indígenas Emberá y pequeños productores campesinos cuya economía depende de sistemas agrícolas tradicionales de plátano, maíz y yuca.

En términos regionales, se estima que las pérdidas de empleo agrícola derivadas de la reducción de la producción agroalimentaria podrían oscilar entre 1,45 y 1,60 millones de jornales durante el período 2026–2027.

Esta situación tendría profundas repercusiones sobre los ingresos familiares, la seguridad alimentaria y la economía rural de aproximadamente 82.000 familias afrodescendientes, indígenas y campesinas distribuidas en los territorios más vulnerables del Pacífico colombiano.

## 4.4 Efectos sobre los pescadores artesanales

Durante el Fenómeno de El Niño 2023-2024 se registraron condiciones de sequía y déficit hídrico en amplias zonas de la región. En Tumaco, Buenaventura, Guapi y varios municipios costeros del Chocó, las organizaciones pesqueras reportaron disminuciones en la abundancia de especies estuarinas y marinas costeras, asociadas a cambios en la temperatura superficial del mar y a la alteración de los patrones de productividad biológica. En algunos territorios se evidenció una reducción de las jornadas efectivas de pesca y un incremento en los costos operativos debido a la necesidad de desplazarse a mayores distancias para encontrar zonas productivas.

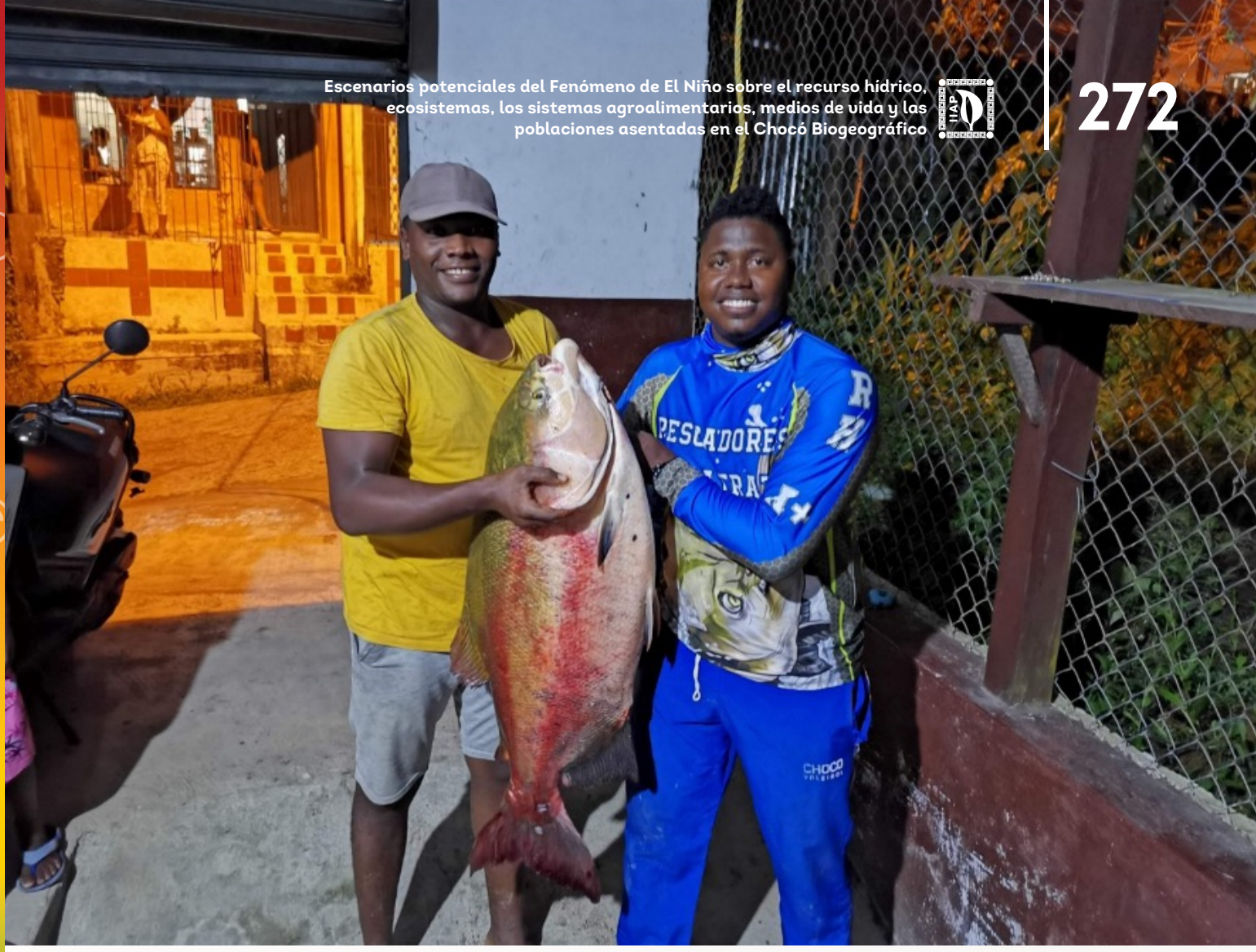
La pesca artesanal constituye uno de los pilares fundamentales de la seguridad alimentaria y la economía de las comunidades afrodescendientes e indígenas. De acuerdo con estadísticas históricas de desembarcos pesqueros de la región Pacífica colombiana y estimaciones realizadas para los principales territorios pesqueros de Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca, la producción artesanal normal oscila entre 35.000 y 40.000 toneladas anuales provenientes de ecosistemas marinos, estuarinos y continentales. Esta producción se concentra principalmente en municipios como Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera y La Tola en Nariño; Guapi, Timbiquí y López de Micay en Cauca; Buenaventura en Valle del Cauca; y

Bahía Solano, Juradó, Nuquí, Bajo Baudó, Medio Atrato, Bojayá, Riosucio y Carmen del Darién en Chocó.

En el caso de Tierra Alta, Valencia en Cordoba, así como Pueblo Rico y Mistrató, es importante aclarar que se trata principalmente de pesca continental de subsistencia y pequeña escala, muy diferente a la pesca artesanal marina y estuarina del Pacífico. Por lo tanto, aunque las pérdidas absolutas son menores, el impacto social puede ser muy alto porque la pesca complementa directamente la alimentación y los ingresos familiares. Las cuencas del río Sinú en Córdoba y del río San Juan en Risaralda son particularmente sensibles a la disminución de caudales durante eventos de El Niño.

Durante los eventos fuertes del Fenómeno de El Niño, las alteraciones en la temperatura del agua, la disminución de los caudales, los cambios en la salinidad de estuarios y manglares, y la reducción de la productividad biológica generan importantes disminuciones en las capturas pesqueras. Considerando una producción regional promedio de 38.000 toneladas anuales, una reducción estimada entre el 25 % y el 35 % implica pérdidas cercanas a las 9.500 – 13.300 toneladas de pescado y mariscos. Bajo este escenario, la producción efectiva durante un año de El Niño fuerte se reduciría a aproximadamente 24.700 – 28.500 toneladas.

Las mayores pérdidas se presentan en el litoral de Nariño, particularmente en Tumaco y la cuenca Mira Mataje, donde la producción pesquera artesanal normal se estima en aproximadamente 10.000 toneladas anuales. Durante eventos fuertes de El Niño, las reducciones pueden alcanzar entre el 30 % y el 40 %, representando pérdidas cercanas a 3.000 – 4.000 toneladas de peces, camarones, jaibas y otros recursos estuarinos.



En términos económicos, considerando un precio promedio de comercialización de $8.000.000 por tonelada desembarcada, estas pérdidas equivalen a entre $24.000 y $32.000 millones de pesos anuales.

En el departamento del Cauca, especialmente en Guapi, Timbiquí y López de Micay, la producción pesquera artesanal promedio se estima en 7.000 toneladas anuales. Los eventos de El Niño generan disminuciones de captura cercanas al 25 – 35 %, ocasionando pérdidas de aproximadamente 1.800 – 2.500 toneladas. Estas reducciones representan pérdidas económicas estimadas entre $14.400 y $20.000 millones de pesos, afectando directamente a cientos de familias que dependen de la pesca y la recolección de recursos asociados a manglares y esteros.

Para el Valle del Cauca, particularmente en Buenaventura, la producción artesanal normal se aproxima a las 8.000 toneladas anuales. Durante eventos severos de El Niño, las pérdidas pueden oscilar entre 2.000 y 2.800 toneladas debido al desplazamiento de especies marinas y estuarinas, así como a la disminución de la productividad de los ecosistemas costeros. Estas pérdidas representan aproximadamente entre $16.000 y $22.400 millones de pesos que dejan de ingresar a la economía pesquera local.

En el departamento del Chocó, donde la pesca artesanal continental y marina constituye una actividad estratégica para la seguridad alimentaria, la producción anual se estima en alrededor de 13.000 toneladas. Municipios como Bahía Solano, Juradó, Nuquí, Bajo Baudó, Medio Atrato, Bojayá, Riosucio y Carmen del Darién presentan una alta dependencia de esta actividad. Durante eventos intensos de El Niño, las pérdidas pueden alcanzar entre 2.700 y 4.000 toneladas debido a la disminución de los niveles de los ríos, la alteración de las rutas migratorias de especies continentales y los cambios oceanográficos costeros. En términos económicos, estas pérdidas equivalen aproximadamente a entre $21.600 y $32.000 millones de pesos.

En términos agregados, los eventos fuertes de El Niño pueden ocasionar pérdidas superiores a 13.000 toneladas de recursos pesqueros en el Chocó Biogeográfico, equivalentes a más de $100.000 millones de pesos en valor comercial directo. A estas pérdidas deben sumarse los efectos indirectos sobre la seguridad alimentaria, la disminución del consumo de proteína de origen pesquero, la pérdida de jornales asociados a las actividades de captura, procesamiento y comercialización, y la reducción de ingresos para miles de familias afrodescendientes e indígenas que dependen diariamente de la pesca artesanal para su subsistencia. Los municipios más afectados de manera recurrente son Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, La Tola, Guapi,

Timbiquí, López de Micay, Buenaventura, Bahía Solano, Juradó, Nuquí, Bajo Baudó, Medio Atrato, Bojayá y Riosucio, territorios donde la variabilidad climática representa una de las principales amenazas para la sostenibilidad de los sistemas alimentarios locales.

La proyección de los efectos a la pesca artesanal en un escenario de El Niño fuerte o muy fuerte durante el período 2026-2027 muestra que las pérdidas regionales podrían oscilar entre 8.000 y 12.000 toneladas de recursos hidrobiológicos. La reducción de los caudales, el incremento de la temperatura superficial del mar, las alteraciones en la salinidad de los estuarios y la disminución de nutrientes afectarían los ciclos reproductivos y la disponibilidad de especies de importancia comercial y alimentaria.

En el departamento del Chocó, las pérdidas pesqueras podrían superar las 3.500 toneladas, principalmente en los municipios de Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó, Litoral del San Juan, Medio Atrato y Bojayá. Las especies más afectadas serían róbalo, pargo, corvina, sierra, jurel, camarón de estero y diversas especies continentales asociadas a los complejos cenagosos del Atrato.

En Nariño, particularmente en Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera y La Tola, se proyectan pérdidas cercanas a 4.000 toneladas de pescado y mariscos, afectando especialmente la captura de pargos, corvinas, camarones y recursos asociados a ecosistemas de manglar. Los efectos también impactarían la recolección de piangua, actividad fundamental para miles de mujeres del Pacífico sur colombiano.

Para Cauca, en los municipios de Guapi, Timbiquí y López de Micay, las pérdidas podrían aproximarse a 2.500 toneladas, mientras que en Buenaventura y su zona de influencia se estiman pérdidas adicionales cercanas a 1.500 toneladas.

En términos de seguridad alimentaria, estas reducciones representarían una pérdida superior a 190.000 toneladas de bienes agroalimentarios y pesqueros, equivalentes al consumo anual de decenas de miles de hogares rurales. Asimismo, podrían ocasionar la pérdida de más de 1,3 millones de jornales rurales y pesqueros, afectando directamente los ingresos de aproximadamente 75.000 familias afrodescendientes e indígenas que dependen de la agricultura, la pesca artesanal y la transformación de productos locales para su subsistencia.

Los territorios con mayor nivel de riesgo corresponden a los corregimientos y consejos comunitarios ubicados en las cuencas de los ríos Atrato, Baudó, San Juan, Patía, Guapi, Timbiquí y Mira, así como en las zonas costeras de Bahía Solano, Nuquí, Tumaco, Guapi y Buenaventura, donde convergen altos niveles de dependencia de los recursos naturales, limitadas alternativas económicas y una elevada exposición a la variabilidad climática.

Aunque los municipios de Tierralta y Valencia en Córdoba, así como Pueblo Rico y Mistrató en Risaralda, no figuran entre los principales territorios pesqueros del Chocó Biogeográfico, la pesca artesanal continental constituye una actividad fundamental para la seguridad alimentaria, la economía familiar y la identidad cultural de numerosas comunidades rurales, campesinas e indígenas. En estos territorios, la pesca no solo aporta ingresos complementarios, sino que representa una de las principales fuentes de proteína animal para poblaciones que históricamente han dependido de los recursos naturales de ríos, quebradas, ciénagas y humedales.

La ocurrencia de un Fenómeno de El Niño fuerte durante el período 2026–2027 podría generar alteraciones significativas en los ecosistemas acuáticos continentales debido a la disminución de las precipitaciones, la reducción de los caudales, el aumento de la

temperatura del agua y la pérdida de conectividad entre cuerpos de agua. Estos cambios ambientales afectan directamente la disponibilidad de recursos pesqueros al alterar los ciclos reproductivos, las rutas migratorias, las áreas de alimentación y los refugios naturales utilizados por numerosas especies de peces.

En el departamento de Córdoba, los municipios de Tierralta y Valencia presentan una estrecha relación con la dinámica hidrológica de la cuenca del río Sinú. Durante eventos intensos de El Niño, la disminución de los aportes hídricos provoca una reducción de los niveles de agua en ríos, quebradas y ciénagas, limitando los procesos de migración reproductiva de especies de importancia económica y alimentaria. Entre las especies más afectadas se encuentran el bocachico (Prochilodus magdalenae), considerado el principal recurso pesquero continental de la región; el bagre rayado (Pseudoplatystoma magdaleniatum), la dorada (Brycon moorei), el moncholo (Hoplias malabaricus) y la mojarra amarilla (Caquetaia kraussii).

En Tierralta, donde numerosas familias rurales complementan sus ingresos mediante la pesca artesanal en áreas asociadas al río Sinú y al entorno del embalse de Urrá, se estima una reducción de las capturas entre el 25 % y el 35 %. Esto podría representar pérdidas cercanas a 180 toneladas de pescado durante el período 2026–2027. Más allá de la disminución de la producción pesquera, esta situación tendría efectos directos sobre la economía local, reduciendo las oportunidades de empleo temporal asociadas a la captura, comercialización, transporte y procesamiento de pescado. Se proyecta que podrían perderse entre 8.000 y 10.000 jornales pesqueros, afectando especialmente a familias que dependen de manera parcial o permanente de esta actividad para su sustento.

En Valencia, los efectos serían similares debido a la estrecha dependencia de los sistemas acuáticos asociados a la cuenca del Sinú. La reducción de los caudales afectaría la disponibilidad de especies comerciales y de consumo local, generando pérdidas estimadas entre 70 y 120 toneladas de pescado. Aunque la pesca representa una actividad complementaria frente a la agricultura, su disminución tendría consecuencias importantes para la seguridad alimentaria de las comunidades rurales, particularmente en períodos de escasez agrícola asociados a la misma variabilidad climática. Se estima que las pérdidas laborales podrían oscilar entre 4.500 y 6.500 jornales durante el evento.

La situación adquiere características particulares en los municipios de Pueblo Rico y Mistrató, localizados en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental y estrechamente vinculados a las cuencas altas del río San Juan. En estos territorios, la pesca artesanal es practicada principalmente por comunidades indígenas Emberá y algunas comunidades campesinas, constituyendo una actividad orientada fundamentalmente al autoconsumo y al fortalecimiento de los sistemas alimentarios tradicionales.

Durante eventos prolongados de sequía, la disminución de los caudales reduce significativamente los hábitats disponibles para especies nativas como los sábalos (Brycon spp.), barbudos (Rhamdia quelen), guacucos (Astyanax spp.) y otras especies de corriente rápida características de los ecosistemas de montaña. La reducción de los niveles de agua limita las áreas de reproducción y alimentación, incrementa la competencia por recursos y aumenta la vulnerabilidad de los peces frente a cambios bruscos de temperatura y calidad del agua.

En Pueblo Rico, las pérdidas proyectadas podrían alcanzar entre 20 y 35 toneladas de pescado, mientras que en Mistrató podrían oscilar entre 15 y 30 toneladas.

Aunque estas cantidades son relativamente pequeñas en comparación con los grandes centros pesqueros del Pacífico colombiano, su impacto social es considerablemente mayor debido a que una parte importante de las capturas se destina directamente al consumo familiar. La disminución de la disponibilidad de pescado implica una reducción inmediata en el acceso a proteína animal para comunidades que cuentan con pocas alternativas alimentarias y limitadas oportunidades económicas.

Sin embargo, el impacto más relevante no radica exclusivamente en la disminución de las capturas o en las pérdidas económicas asociadas. El verdadero riesgo se relaciona con la función que la pesca artesanal cumple dentro de los sistemas integrados de subsistencia de estas comunidades. En contextos donde la agricultura también resulta afectada por las sequías, la reducción simultánea de la pesca y de la producción agroalimentaria incrementa significativamente los niveles de vulnerabilidad social y alimentaria. En consecuencia, el Fenómeno de El Niño puede generar un efecto acumulativo sobre los medios de vida rurales, reduciendo la disponibilidad de alimentos, disminuyendo los ingresos familiares y aumentando la dependencia de mercados externos para el abastecimiento de productos básicos.

Desde la perspectiva de la adaptación climática, estos territorios requieren fortalecer estrategias de manejo sostenible de los recursos pesqueros continentales, restauración de rondas hídricas, protección de humedales, conservación de corredores ecológicos acuáticos y promoción de sistemas agroalimentarios resilientes que permitan reducir la dependencia de una sola actividad productiva. De igual manera, resulta fundamental reconocer y fortalecer el conocimiento ancestral de las comunidades indígenas y campesinas, quienes históricamente han desarrollado prácticas de manejo adaptativo frente a períodos de sequía y variabilidad climática en las cuencas del Sinú y del San Juan.

## 4.5 Efectos sobre los Jornales asociados a la pesca artesanal

La disminución de las capturas pesqueras ocasionada por los fenómenos de El Niño genera efectos directos sobre el empleo y los ingresos de las comunidades que dependen de la pesca artesanal. La reducción de la disponibilidad de peces, crustáceos y moluscos limita el número de faenas de pesca realizadas por los pescadores y disminuye el tiempo efectivo.

La siguiente tabla muestra el número de jornales que pierde un pescador anualmente asociado a la disminución de las capturas.

| Departamento / Municipio | Corregimiento o Territorio | Pescadores artesanales estimados | Reducción promedio de capturas | Jornales perdidos por pescador/año | Jornales perdidos totales |
|---|---|---|---|---|---|
| **Nariño Tumaco** | Salahonda y zona estuarina del Mira | 1.200 | 40 % | 96 | 115.200 |
| **Cauca Guapi** | Guapi Abajo y río Guapi | 850 | 38 % | 91 | 77.350 |
| **Valle del Cauca Buenaventura** | Bajo Calima y Bahía de Buenaventura | 950 | 35 % | 84 | 79.800 |
| **Chocó Bojayá** | Bellavista y comunidades del Atrato Medio | 650 | 35 % | 84 | 54.600 |
| **Risaralda Pueblo Rico** | Cuenca alta del río San Juan y territorios Emberá | 120 | 35 % | 70 | 8.400 |
| **Risaralda Mistrató** | Río Agüita, río Mistrató y resguardos Emberá Chamí | 90 | 33 % | 65 | 5.850 |
| **Córdoba Valencia** | Cuenca media del río Sinú y humedales asociados | 280 | 30 % | 75 | 21.000 |
| **Córdoba Tierralta** | Alto Sinú, río Sinú y zona de influencia de Urrá | 420 | 35 % | 80 | 33.600 |
| **TOTAL** | | 4.560 | – | – | **395.800 jornales** |

De la tabla anterior, se evidencian importantes diferencias en la magnitud de los impactos proyectados del Fenómeno de El Niño sobre la pesca artesanal, determinadas principalmente por el tamaño de las poblaciones de pescadores, el nivel de dependencia económica de la actividad pesquera, la productividad de los ecosistemas acuáticos y el grado de exposición a la reducción de caudales y alteraciones hidrológicas.

Los resultados muestran que Tumaco, Guapi, Buenaventura y Bojayá concentran aproximadamente el 83 % de los jornales pesqueros perdidos proyectados para el conjunto de territorios analizados. Esta situación refleja la importancia estratégica que tienen estos municipios dentro de la economía pesquera del Pacífico colombiano y confirma su elevada vulnerabilidad frente a fenómenos climáticos extremos.

Tumaco presenta el mayor nivel de afectación regional, con una proyección de 115.200 jornales perdidos y una reducción promedio de capturas cercana al 40 %. Esta condición se explica por la gran cantidad de pescadores artesanales que dependen de los ecosistemas marino costeros, estuarinos y de manglar asociados a la desembocadura del río Mira. Desde el punto de vista productivo, Tumaco constituye el principal centro pesquero del Pacífico sur colombiano, abasteciendo mercados locales y regionales mediante la captura de pargos, corvinas, róbalos, camarones y recursos asociados a los manglares. La reducción de los aportes de agua dulce y las alteraciones en la productividad biológica de los estuarios afectan directamente los ciclos reproductivos y la disponibilidad de estas especies, generando pérdidas económicas y laborales significativas.

Guapi ocupa el segundo lugar en magnitud de impacto, con 77.350 jornales perdidos y una reducción estimada de capturas del 38 %. La pesca artesanal en este municipio constituye una de las

principales actividades económicas del litoral caucano y se encuentra estrechamente vinculada a los ecosistemas estuarinos y costeros de la cuenca del río Guapi. La disminución de los caudales durante eventos de El Niño altera la dinámica de nutrientes y la conectividad entre ecosistemas, reduciendo la disponibilidad de especies comerciales y afectando la productividad pesquera regional.

Buenaventura registra una pérdida proyectada de 79.800 jornales, resultado de una reducción promedio de capturas cercana al 35 %. Aunque presenta un número de pescadores ligeramente inferior al de Tumaco, la importancia económica de la pesca artesanal en la bahía de Buenaventura y en sectores como Bajo Calima mantiene elevados niveles de vulnerabilidad. Las afectaciones se extienden no solamente a los pescadores sino también a toda la cadena de valor asociada al transporte, comercialización y procesamiento de productos pesqueros.

En el caso de Bojayá, la reducción proyectada de 54.600 jornales refleja la alta dependencia de las comunidades del Atrato Medio respecto a los recursos pesqueros continentales. A diferencia de los territorios costeros, la vulnerabilidad de Bojayá está asociada principalmente a las alteraciones de los pulsos hidrológicos del río Atrato, fundamentales para los procesos reproductivos y migratorios de especies como bocachicos, dentones, bagres y sábalos. La disminución de los niveles de agua limita el acceso de los peces a áreas de alimentación y reproducción, reduciendo significativamente las capturas.

Los municipios de Córdoba y Risaralda presentan una dinámica diferente. Aunque las pérdidas absolutas son menores, los impactos relativos sobre la seguridad alimentaria pueden ser igualmente significativos. Tierralta emerge como el principal territorio continental afectado fuera del Pacífico costero, con una proyección de 33.600 jornales perdidos.

Su importancia radica en la estrecha relación existente entre la pesca artesanal y la dinámica hidrológica del río Sinú y del sistema asociado al embalse de Urrá. La disminución de los caudales afecta especies migratorias de alto valor alimentario como el bocachico, el bagre rayado y la dorada, reduciendo los ingresos de numerosas familias rurales.

Valencia presenta pérdidas estimadas de 21.000 jornales, asociadas igualmente a la reducción de la productividad pesquera en la cuenca media del Sinú y sus humedales asociados. Aunque la pesca constituye una actividad complementaria frente a la agricultura, su importancia aumenta durante períodos de escasez alimentaria, por lo que las reducciones de captura generan efectos acumulativos sobre los medios de vida rurales.

Por su parte, Pueblo Rico y Mistrató registran los menores valores absolutos de pérdida laboral, con 8.400 y 5.850 jornales respectivamente. Sin embargo, estos territorios presentan una característica diferenciadora: la pesca artesanal se encuentra estrechamente ligada a la subsistencia de comunidades indígenas Emberá. En estos casos, las pérdidas no deben interpretarse únicamente desde una perspectiva económica, sino también desde su impacto sobre la seguridad alimentaria, la soberanía alimentaria y la conservación de prácticas tradicionales de aprovechamiento sostenible de los recursos acuáticos.

Desde una perspectiva comparativa, pueden identificarse tres grandes categorías de vulnerabilidad. La primera corresponde a los grandes territorios pesqueros del Pacífico (Tumaco, Guapi y Buenaventura), donde predominan pérdidas económicas y laborales de gran magnitud debido al elevado número de pescadores y a la importancia comercial de la actividad. La segunda categoría incluye territorios fluviales estratégicos como Bojayá y Tierralta, donde la pesca constituye un componente

esencial de la economía local y de la seguridad alimentaria. Finalmente, la tercera categoría corresponde a Pueblo Rico, Mistrató y Valencia, donde la pesca presenta menores volúmenes productivos, pero una elevada relevancia social y cultural para las comunidades rurales e indígenas.

En términos agregados, la pérdida proyectada de 395.800 jornales representa una reducción significativa de la capacidad productiva pesquera regional y refleja la alta sensibilidad de los sistemas socioecológicos acuáticos frente a la variabilidad climática. Estas cifras evidencian que los impactos del Fenómeno de El Niño no solo afectan la disponibilidad de recursos hidrobiológicos, sino también los ingresos familiares, la seguridad alimentaria y la estabilidad económica de miles de hogares que dependen directa o indirectamente de la pesca artesanal en el Chocó Biogeográfico.

## 4.6 Efectos asociados a la producción de bebidas ancestrales

La elaboración de bebidas ancestrales constituye una de las expresiones más representativas del patrimonio cultural, productivo y alimentario de las comunidades afrodescendientes. A partir del aprovechamiento tradicional de la caña de azúcar, generaciones de familias han desarrollado conocimientos y prácticas transmitidas oralmente que han permitido la producción de bebidas emblemáticas como el viche, el arrechón, la tomaseca, el tumbacatre y diversos curados elaborados con frutos, raíces y plantas medicinales del bosque húmedo tropical. Más allá de su valor comercial, estas bebidas forman parte de la identidad cultural de los pueblos en el Chocó Biogeográfico, estando presentes en celebraciones comunitarias, rituales, prácticas medicinales tradicionales y actividades asociadas a la vida cotidiana.

Su producción involucra una amplia red de productores de caña, corteros, trapicheros, transformadores artesanales, parteras, sabedores tradicionales y comercializadores locales, constituyéndose en una importante fuente de ingresos para numerosas familias rurales. En este contexto, la cadena productiva de las bebidas ancestrales representa un ejemplo destacado de bioeconomía basada en el conocimiento tradicional, donde la conservación de la biodiversidad, la valoración de los saberes ancestrales y el fortalecimiento de los medios de vida comunitarios convergen para promover el desarrollo sostenible y la resiliencia territorial.

Los principales núcleos de producción artesanal de caña destinados a derivados ancestrales se localizan en:

- Tumaco (Nariño)
- Guapi y Timbiquí (Cauca)
- Buenaventura (Valle del Cauca)
- Medio y Bajo Atrato, Baudó y San Juan (Chocó)

Durante los fenómenos de El Niño se registran efectos como la disminución de humedad en el suelo, menor crecimiento vegetativo, reducción del contenido de jugo en los tallos, menor rendimiento en molienda, disminución de la producción de panela y destilados artesanales.

## 4.7 Estimación de la producción regional

La estimación de la producción regional de bebidas ancestrales se fundamenta en el análisis de las áreas cultivadas con caña de azúcar destinadas a la transformación artesanal, los rendimientos promedio de los trapiches tradicionales y los volúmenes de producción reportados por asociaciones, productores locales y organizaciones comunitarias. A partir de estos parámetros, se calcula la cantidad potencial de viche y sus derivados

| Concepto | Situación normal | Durante El Niño |
|---|---|---|
| Producción anual estimada de caña para bebidas ancestrales (t) | 95.000 | 77.900 |
| Pérdida de producción (t) | - | 17.100 |
| Reducción promedio | - | 18 % |

Territorialmente las perdidas por efectos del fenómeno del niño varia en consideración de las áreas sembradas, manejo y severidad del impacto del fenómeno en cada uno de los departamentos de la región.

## Pérdidas por territorio

| Municipio | Producción media (t) | Pérdida estimada (t) | Reducción (%) |
|---|---|---|---|
| Tumaco | 32.000 | 6.080 | 19 |
| Guapi | 18.000 | 3.240 | 18 |
| Timbiquí | 12.000 | 2.160 | 18 |
| Buenaventura | 20.000 | 3.600 | 18 |
| Chocó (Atrato,San Juan y Baudó) | 13.000 | 2.020 | 16 |
| **TOTAL** | **95.000** | **17.100** | **18** |

Las pérdidas de caña de azúcar y de la producción de bebidas ancestrales durante los periodos 2018-2019 y 2023-2024 afectaron de manera diferenciada a los territorios, dependiendo de su nivel de dependencia de la caña como materia prima para la elaboración de viche y sus derivados.

Los mayores impactos se registraron en Tumaco, Guapi, Timbiquí, Buenaventura y las cuencas del Atrato, San Juan y Baudó, donde la disminución de las lluvias redujo la disponibilidad de agua para los cultivos, afectó el crecimiento de la caña y disminuyó el rendimiento de los trapiches artesanales.

En Tumaco, principal núcleo productor de viche, se estiman las mayores pérdidas absolutas de caña y de producción de bebidas ancestrales, debido a la amplia base de productores y transformadores vinculados a esta actividad. La reducción de la materia prima limitó la capacidad de producción y comercialización, afectando directamente los ingresos de numerosas familias y asociaciones de productores.

En Guapi y Timbiquí, donde la producción de viche está estrechamente ligada a prácticas culturales afrodescendientes y a economías familiares de pequeña escala, la disminución de la oferta de caña impactó tanto la generación de ingresos como la disponibilidad de productos destinados al consumo local y a festividades tradicionales. La pérdida de cosechas redujo además la demanda de mano de obra para corte, molienda y destilación, ocasionando una disminución importante de jornales rurales.

Por su parte, en Buenaventura y sus corregimientos rurales, la afectación se reflejó en menores volúmenes de producción y comercialización de bebidas ancestrales, especialmente en territorios como Bajo Calima, Yurumanguí y Naya, donde la cadena del viche constituye una actividad complementaria de gran importancia para la economía comunitaria.

En el Chocó, aunque la escala de producción es menor que en Nariño y Cauca, las pérdidas fueron significativas para las comunidades del Atrato, San Juan y Baudó, donde la elaboración artesanal de viche, curados y bebidas tradicionales representa

una alternativa de generación de ingresos para mujeres, sabedores y pequeños productores. La reducción de la producción de caña limitó la continuidad de estas actividades y afectó la transmisión de conocimientos asociados a la transformación tradicional.

En conjunto, las pérdidas estimadas de 17.100 toneladas de caña, 13.680 jornales rurales y cerca de 1,37 millones de litros potenciales de bebidas ancestrales (aproximadamente $27.400.000.000), evidencian que estos fenómenos no solo afectan la producción agrícola, sino también una cadena biocultural estratégica. Estos impactos repercuten directamente en la economía familiar, el empleo rural, la seguridad alimentaria y la preservación de las tradiciones culturales que sustentan la identidad de las comunidades afrodescendientes.

## 4.8 Recomendaciones

### Fortalecer la diversificación de los sistemas productivos y alimentarios.

Promover la integración de actividades agrícolas, pesqueras, forestales y de transformación local para reducir la dependencia de una sola fuente de alimentos o ingresos. La combinación de cultivos tradicionales, pesca artesanal, especies menores, frutales nativos y productos forestales no maderables incrementa la capacidad de las familias para enfrentar pérdidas ocasionadas por sequías o inundaciones.

### Recuperar y fortalecer las prácticas ancestrales de adaptación climática.

Reconocer y potenciar los conocimientos tradicionales relacionados con los calendarios ecológicos, el manejo de semillas criollas, los sistemas agroforestales, la conservación de

manglares y humedales, así como las técnicas locales para el manejo del agua y la protección de los cultivos. Estas prácticas han demostrado una alta capacidad para reducir los impactos de la variabilidad climática en los territorios afrodescendientes e indígenas.

### Implementar sistemas comunitarios de monitoreo y alerta temprana.

Fortalecer la articulación entre comunidades, autoridades ambientales e instituciones técnicas para monitorear niveles de ríos, condiciones climáticas, disponibilidad de recursos pesqueros y aparición de plagas o enfermedades. La información oportuna permite anticipar decisiones de siembra, cosecha, pesca y movilización, reduciendo las pérdidas productivas y económicas.

### Incrementar la capacidad de almacenamiento, transformación y conservación de alimentos.

Promover infraestructura comunitaria y tecnologías apropiadas para el secado, ahumado, fermentación, conservación y transformación de productos agrícolas y pesqueros. Estas estrategias permiten disponer de reservas alimentarias durante periodos de escasez asociados a El Niño.



# CAPÍTULO 5.

# ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO EN EL CHOCÓ BIOGEOGRÁFICO: ASPECTOS SOCIOCULTURALES

El análisis de la interacción entre los cambios ambientales inducidos por El Niño y las respuestas sociales y culturales de las comunidades es particularmente relevante en el Chocó Biogeográfico, se trata de territorios donde la brecha de servicios básicos respecto al resto del país alcanza proporciones estructurales y donde las poblaciones afrodescendientes e indígenas han padecido un déficit histórico de infraestructura caracterizado por vías fluviales y terrestres precarias, redes de acueducto, alcantarillado y energía deficientes, y una cobertura de salud y educación vulnerada por la pobreza estructural y el abandono estatal. Las cifras lo confirman. El Chocó registró un Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) del 65,4% en el censo de 2018 –más de cuatro veces el promedio nacional (14,1%)– y el NBI urbano más alto del país (68,3%). Esta privación material coincide con los peores indicadores de pobreza del país: en 2024 el Chocó encabezó la pobreza monetaria nacional con 67,4% (frente al 31,8% del total nacional), y su pobreza monetaria extrema rondó el 43,5% en 2023, más de veinte puntos por encima del promedio nacional (11,7% en 2024); en Quibdó, la pobreza monetaria extrema alcanzó el 28%. La pobreza multidimensional dibuja el mismo mapa: 33,9% en el Chocó y niveles extremos en el litoral pacífico de los demás departamentos –Timbiquí (95%), López de Micay (88%), Guapi (86%) y Buenaventura (67%)–, junto con Córdoba (25,7%), cuyo Alto Sinú integra la vertiente caribe de la ecorregión. Cuando el fenómeno de El Niño impacta sobre esta

base de fragilidad estructural, los efectos se amplifican considerablemente.

En esta sesión se analiza, con base en evidencia científica actualizada y verificada, los impactos de El Niño sobre la disponibilidad hídrica, la carga epidemiológica, las dinámicas socioeconómicas y los procesos educativos y de movilidad en la región.

## 5.1. CRISIS DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO, DÉFICIT ESTRUCTURAL Y RIESGO LOGÍSTICO

### 5.1.1. La señal climática sobre un déficit estructural preexistente

Los déficits de precipitación durante el ENOS impactan sobre un territorio que ya arrastra un déficit estructural severo en infraestructura de agua potable y saneamiento. La combinación de una señal climática negativa y una línea base de precariedad institucional convierte los déficits relativos de lluvia en emergencias humanitarias de larga duración. En el Chocó Biogeográfico, El Niño causa una crisis hídrica, que se ve amplificada sobre un sistema que nunca llegó a funcionar adecuadamente. Según OCHA (2023), alrededor de 2,9 millones de personas estarían expuestas a riesgo alto por el fenómeno de El Niño en las regiones Caribe, Andina y algunos departamentos de la costa pacífica. El Chocó Biogeográfico colombiano alberga cerca de 2 millones de personas (con estimaciones que llegan a 2,5 millones), en su mayoría comunidades afrocolombianas (más del 90%) y seis pueblos indígenas, de las cuales cerca del 60% vive dispersa a lo largo de los ríos y la costa (IIAP, 2023; WWW Colombia, 2020; El Tiempo, 2024).

En su franja litoral más expuesta –la totalidad del Chocó y los municipios costeros de Valle del Cauca, Cauca y Nariño– habitan cerca de 1,37 millones de personas, según las proyecciones de población del DANE (base CNPV 2018): 593.106 en el Chocó, 324.644 en Buenaventura, 78.631 en el litoral caucano (Guapi, Timbiquí y López de Micay) y 374.389 en los municipios costeros de Nariño. En esta región, ese riesgo –asociado al aumento de temperaturas y al desabastecimiento de agua– recae de forma desproporcionada sobre las comunidades rurales dispersas que dependen de fuentes superficiales y de la recolección de agua lluvia.

## 5.1.2. Análisis por departamentos: déficit estructural

El análisis detallado por departamentos en el Chocó Biogeográfico revela dinámicas críticas diferenciadas:

**Chocó:** El departamento del Chocó presenta la brecha de servicios básicos más profunda del país. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 (DANE), solo el 28,5% de las viviendas chocoanas cuenta con acueducto y el 20,4% con alcantarillado, frente al 86,4% y el 76,6% nacionales. En la subregión del Atrato (Quibdó, Atrato, Bagadó, Bojayá, El Carmen de Atrato, Lloró, Medio Atrato y Río Quito), solo el 44,5% de las viviendas de Quibdó tiene acueducto y el 19,9% alcantarillado (DANE, CNPV 2018), lo que deja a más de 79.208 personas sin acceso a agua potable formal. En la subregión del Darién (Riosucio, Acandí, Carmen del Darién y Unguía), Riosucio registra una de las situaciones más críticas: 18,1% de cobertura de acueducto y 2,6% de alcantarillado (DANE, CNPV 2018), reflejo del aislamiento del Bajo Atrato. En la subregión del San Juan (Istmina, Condoto, Tadó, Nóvita, Sipí, Medio San Juan, Litoral del



San Juan, San José del Palmar, Río Iró, Unión Panamericana, Cantón del San Pablo y Cértegui), en las zonas rurales y centros poblados de Istmina, Condoto, Tadó y Medio San Juan, las coberturas rara vez superan el 21%, y existen zonas con cobertura nula. La subregión del Baudó (Alto Baudó, Medio Baudó y Bajo Baudó) la situación es extremadamente compleja por el difícil acceso topográfico, concentra a casi 57.977 personas sin ningún servicio de acueducto, que dependen exclusivamente de la recolección de agua lluvia o de los ríos. Durante los períodos de días secos consecutivos (CDD) elevados el secamiento de las fuentes superficiales genera emergencias de abastecimiento inmediatas. Por su parte, la subregión del litoral Pacífico chocoano (Nuquí, Bahía Solano y Juradó), las condiciones replican o agravan el promedio departamental: se trata de municipios mayoritariamente rurales y de difícil acceso fluvial, donde la cobertura de acueducto y alcantarillado se sitúa muy por debajo de la media nacional.

**Chocó Biogeográfico nariñense:** El acceso a agua apta para el consumo humano constituye uno de los déficits más severos del Pacífico nariñense. Según el Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano (INCA 2017) del Ministerio de Salud y Protección Social, el departamento de Nariño registró un Índice de Riesgo de la Calidad del Agua (IRCA) consolidado de 48,3, clasificado como riesgo alto, uno de los más elevados del país. El IRCA se interpreta en cinco niveles: sin riesgo (0–5), bajo (5,1–14), medio (14,1–35), alto (35,1–80) e inviable sanitariamente (80,1–100). En los dieciséis municipios del Chocó Biogeográfico nariñense la situación supera el promedio departamental: trece presentan agua con riesgo alto o inviabilidad sanitaria y ninguno alcanza el nivel "sin riesgo". Los registros más críticos se concentran en el Telembí –Magüí Payán (IRCA 80,0), Barbacoas (72,5) y Roberto Payán (63,8)– y en el piedemonte costero, donde Ricaurte alcanza 70,8 en el consolidado y 82,7 en su zona rural, equivalente a inviabilidad sanitaria.

En la vertiente del Patía, El Rosario (60,0) y Policarpa (61,5) encabezan el riesgo; en el litoral destacan Francisco Pizarro (59,3) y Olaya Herrera, cuyo casco urbano se sitúa en 51,6 pero cuya zona rural alcanza 93,1, es decir, agua inviable para el consumo. Estos hallazgos coinciden con las alertas de la Defensoría del Pueblo, que ubicó a Ricaurte y Olaya Herrera entre los municipios del país con agua de mayor riesgo sanitario. Conviene precisar dos limitaciones de la fuente. Primera, el IRCA mide el riesgo del agua suministrada y no el porcentaje de población que la consume. Segunda, en la mayoría de estos municipios la vigilancia rural es mínima o inexistente: en 2017 solo cuatro de los dieciséis reportaron muestras rurales al SIVICAP, lo que en sí mismo evidencia la precariedad del monitoreo en los territorios dispersos y coincide con el dato del Instituto Departamental de



Salud de Nariño, según el cual apenas cerca del 3% de la población rural del departamento accede a agua apta para el consumo (RCN Radio, 2017). En este contexto, la reducción de caudales y el deterioro de las fuentes superficiales durante un evento de El Niño agravan un riesgo sanitario que ya es estructuralmente alto.

**Chocó Biogeográfico caucano:** En el Chocó Biogeográfico caucano –integrado por los municipios litorales de Guapi, Timbiquí y López de Micay, la brecha entre el campo y la cabecera en el acceso al agua define la vida cotidiana. La diferencia de cobertura de acueducto entre la zona urbana y la rural alcanza el 48,92%, una de las más amplias del país. La magnitud del rezago se aprecia en que, antes de las obras iniciadas en 2023, la cobertura de acueducto en la propia cabecera urbana de Timbiquí era de apenas el 21% (Proclama del Cauca y Pacífico, 2023); en la zona rural dispersa, surcada por ríos y esteros, la infraestructura formal de acueducto es prácticamente inexistente. Esta precariedad coincide con los peores indicadores de pobreza multidimensional del país: Timbiquí (95%), López de Micay (88%) y Guapi (86%) (Rimisp, 2019).

A la baja cobertura se suma una calidad del agua crítica. Según el INCA 2017 del Ministerio de Salud y Protección Social, Timbiquí registró un IRCA de 94,5 –agua inviable sanitariamente, uno de los municipios con peor calidad de agua del país ese año–; Guapi se ubicó en 28,1 (riesgo medio) y López de Micay no reportó información al sistema de vigilancia (SIVICAP), de modo que su calidad de agua quedó sin evaluar. Este vacío de monitoreo es estructural: más del 52% de la población rural del Chocó Biogeográfico caucano carece de información sobre la calidad del agua que consume, hecho consistente con que ninguno de los tres municipios reportó muestras de su zona rural al SIVICAP en 2017 y con que López de Micay quedó por completo fuera de la vigilancia. El contraste es revelador: mientras el IRCA consolidado del departamento del Cauca fue de 11,9 (riesgo bajo), el litoral pacífico permanece oculto tras ese promedio andino, con niveles de riesgo alto e inviabilidad sanitaria. Sobre esta doble fragilidad –cobertura mínima y agua de mala calidad o sin monitorear– el fenómeno de El Niño actúa como multiplicador: la reducción de caudales concentra los contaminantes en las fuentes superficiales de las que dependen las comunidades, favorece la intrusión salina en los esteros costeros y agudiza el desabastecimiento en territorios donde el río es, a la vez, vía de transporte y fuente de agua.

**Chocó Biogeográfico vallecaucano:** el componente pacífico del Valle del Cauca está representado casi en su totalidad por el Distrito de Buenaventura, que concentra cerca de 324.644 habitantes –la mayor población de la ecorregión después del departamento del Chocó– y cuyo territorio drena hacia los ríos Dagua, Anchicayá, Calima, Raposo, Cajambre, Yurumanguí y Naya. Según el Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 (DANE), Buenaventura registró una cobertura de acueducto del 73,2% y de alcantarillado del 61%, frente al 86,4% y el 76,6% nacionales y al 95,3% y el 90,9% del promedio del Valle del Cauca.



Estas cifras, ya deficitarias en el agregado, ocultan una brecha urbano-rural extrema: la cobertura formal se concentra en la cabecera, mientras las comunidades rurales y ribereñas dispersas a lo largo de los ríos y esteros dependen de soluciones individuales y de fuentes superficiales, de modo que el 86,77% de la población rural consume agua con algún nivel de riesgo sanitario. A la baja cobertura se suma un problema de continuidad y calidad: el suministro urbano es intermitente y la superposición de redes deterioradas de acueducto y alcantarillado compromete la potabilidad, una precariedad estructural que en 2017 motivó el Paro Cívico de Buenaventura en torno al derecho al agua. Sobre esta doble fragilidad, el fenómeno de El Niño actúa como multiplicador: la reducción de los caudales del Dagua y de las demás cuencas de abastecimiento (CVC, 2024) agudiza el desabastecimiento en la cabecera y en los centros poblados, al tiempo que la disminución de los aportes de agua dulce favorece la intrusión salina en los esteros del litoral, de los que dependen las economías de manglar y pesca artesanal de las comunidades.

La señal climática diferenciada por zona es especialmente relevante en este contexto: cuando los CDD aumentan en la zona Norte durante el primer trimestre, o en la zona Sur durante el segundo semestre, las comunidades rurales que dependen de fuentes superficiales quedan expuestas a desabastecimiento en los mismos momentos en que el sistema institucional de respuesta enfrenta sus mayores dificultades logísticas.

## 5.1.3. Impacto sobre la soberanía alimentaria

El desabastecimiento hídrico desestructura profundamente la soberanía alimentaria de las comunidades, una dimensión que OCHA (2023) identificó, junto con la nutrición, como la más amenazadas por el fenómeno de El Niño 2023–2024 en Colombia, principalmente por la sequía y el desabastecimiento hídrico. En el Chocó –uno de los departamentos donde la inseguridad alimentaria supera el 40% (Programa Mundial de Alimentos-PMA, 2023) y cuya inseguridad alimentaria severa se triplicó entre 2024 y 2025, del 6,4% al 17,9% (DANE, 2026)– la afectación recae con especial dureza sobre municipios rurales dispersos con crisis nutricional documentada, como Bagadó, Sipí, Cértegui y Carmen de Atrato, que registran las tasas de mortalidad infantil por desnutrición más altas del país.

Esta afectación, sin embargo, no se circunscribe al departamento del Chocó: abarca al conjunto del Chocó Biogeográfico. En la vertiente caribe de la ecorregión, el Alto Sinú cordobés (Tierralta) concentra la mayor inseguridad alimentaria del país –Córdoba alcanzó el 70% de inseguridad alimentaria moderada y severa (PMA, 2023), el 60% en población indígena Emberá-Katío, (ICBF, 2024). En el Pacífico nariñense, Tumaco presenta algunos de los indicadores de mortalidad infantil más altos del país, junto a una doble carga nutricional que combina muertes por desnutrición con exceso de peso. En el resto de la región –que incluye a Buenaventura (Valle del Cauca), el litoral caucano (Guapi, Timbiquí y López de Micay), el Urabá y el Atrato medio antioqueños (Murindó y Vigía del Fuerte) y los territorios Emberá de Risaralda (Pueblo Rico y Mistrató)– el Instituto Nacional de Salud reportó para 2024 una desnutrición aguda concentrada de forma desproporcionada en la población indígena, con Chocó, Córdoba,

Antioquia, Nariño, Cauca, Valle del Cauca y Risaralda entre las entidades territoriales más afectadas (INS, 2025). De hecho, en 2025 las mayores prevalencias de desnutrición aguda del país en municipios menores de 20.000 habitantes se registraron en Pueblo Rico (Risaralda, 5,45%), Bagadó (Chocó, 5,00%) y El Carmen de Atrato (Chocó, 4,25%), todos parte del Chocó Biogeográfico (INS, 2026) lo que confirma la concentración del riesgo nutricional en sus comunidades rurales e indígenas.

Ante un evento extremo de El Niño, la magnitud del riesgo nutricional de las comunidades del Chocó Biogeográfico no solo podría aumentar por la reducción de la producción de alimentos (plátano, yuca, arroz, maíz, pesca), sino también por el acceso y la calidad de la dieta. El caso mejor documentado es el de la cuenca del Atrato: el Plan de Acción de la Orden Séptima de la Sentencia T-622 de 2016 (IIAP, 2020) registra que en 2018 la cuenca del Atrato produjo cerca de 717.270 toneladas de alimentos (unos 4,5 kg por persona al día) y 148.686 toneladas de proteína animal (alrededor de 0,97 kg por persona al día), cifras que en el agregado superan las necesidades calóricas básicas. Sin embargo, una dieta de calidad no se mide solo en kilogramos: la FAO la define a partir de 2.330 kcal diarias por persona, acompañadas de los nutrientes que fijan las Guías Alimentarias: proteína suficiente, frutas y verduras (la OMS recomienda un mínimo de 400 g diarios) y grasas en proporción equilibrada. Medido frente a ese estándar, el problema del Atrato es de composición y distribución, no de volumen: el propio Plan de Acción identifica que la producción se concentra de forma extrema en la cuenca baja (647.067 t) frente a apenas 7.637 t en la cuenca alta, que buena parte corresponde a cultivos de exportación y no al autoabastecimiento, y que un alto porcentaje se pierde por falta de vías, secado, almacenamiento y comercialización.

Aunque el balance de disponibilidad más detallado corresponde al Atrato, el patrón que allí se documenta no es excepcional, sino

representativo de la lógica productiva del conjunto del Chocó Biogeográfico. Las subregiones del San Juan, el Baudó, el Darién y el litoral Pacífico comparten con el Atrato las mismas condiciones estructurales que explican la paradoja de un territorio capaz de producir volúmenes agregados de alimento y, aun así, incapaz de garantizar una dieta de calidad: la dependencia casi exclusiva de la red fluvial para movilizar la cosecha, la dispersión y el aislamiento de los asentamientos, la orientación de parte de la producción hacia mercados externos o economías ilícitas, y los déficits de vías, secado, almacenamiento y comercialización que se traducen en altas pérdidas poscosecha. En ausencia de balances propios para cada subregión, es razonable inferir –con la cautela que impone la falta de datos desagregados– que el desajuste entre volumen y calidad documentado en el Atrato se reproduce, y probablemente se agudiza, en las subregiones de menor conectividad, como el Baudó o el litoral, donde el río es a la vez la única vía de abastecimiento y la primera en perder navegabilidad durante las bajantes.

Esta fractura estructural es coherente con que el 36,1% de los colombianos (19,1 millones de personas) no pueda costear una dieta saludable (FAO, 2025), una proporción que en el Chocó Biogeográfico es aún mayor, como reflejan los niveles de inseguridad alimentaria ya descritos para la región. Sobre este frágil equilibrio, El Niño actúa por partida doble. Por un lado, un evento extremo podría reducir la producción agropecuaria, con caídas de entre el 15% y el 50% en los cultivos, mientras que la pesca continental podría descender entre un 20% y un 50%. Por otro, el descenso de los niveles de las fuentes hídricas –que en muchas comunidades son la única vía para distribuir los alimentos– comprometería el acceso, empujando a las comunidades ya deficitarias desde una escasez relativa hacia una inseguridad alimentaria aguda.

## 5.1.4. Reducción de la movilidad y el transporte fluvial

La gestión de la crisis hídrica durante El Niño enfrenta una paradoja logística: los corredores fluviales, que constituyen la principal arteria de transporte de la región, son también los primeros en verse afectados por la reducción de caudales. El sustento físico de esta dependencia está bien establecido: durante El Niño se debilita el chorro del Chocó –la corriente de bajo nivel que transporta humedad desde el Pacífico hacia el occidente colombiano–, lo que reduce las lluvias y, en consecuencia, los caudales de los ríos (Poveda, 1998, 2004). Esta disminución genera un aislamiento fluvial crítico: los ríos secundarios pierden navegabilidad y los principales presentan tramos más difíciles de transitar, afectando a más de 450.000 personas en zonas de dependencia fluvial.

Esta fragilidad opera, además sobre una base logística ya precaria: según la Encuesta Nacional Logística 2024 del DNP, el Pacífico Norte y el Pacífico Sur –Chocó, Nariño y Cauca– son las regiones con mayores dificultades logísticas del país. Para poblaciones que dependen casi por completo del río, una bajante significa menos frecuencia de embarcaciones, viajes más largos y un previsible encarecimiento del transporte de personas, alimentos y suministros. Esta lectura fluvial coincide con los tres corredores prioritarios identificados en el Capítulo 1 a partir del registro 2014–2024: el Atrato medio (régimen Centro), el Pacífico Sur (régimen Sur) y el corredor Urabá–Bajo Atrato–Darién (régimen Norte). En los dos primeros, El Niño no reduce el riesgo hidrológico sino que lo redistribuye en el tiempo, alternando bajantes que aíslan con crecientes que inundan; en el tercero predominan las rachas secas, los incendios y el desabastecimiento.

A la pérdida de caudal se añade un deterioro de la calidad del agua que, al disminuir el caudal, la misma carga contaminante se concentra y eleva turbidez, sólidos suspendidos, coliformes y eutrofización en afluentes urbanos del Atrato (Quito, Cabí, El Caraño, La Yesca), en el Guapi y en estuarios como Buenaventura, Tumaco y Nuquí.

En este escenario podría verse comprometida la compleja red hídrica de la región, constituida por unas 70 fuentes principales distribuidas en todos los departamentos que conforman el Chocó Biogeográfico. Dichos ejes principales son los ríos Atrato, Truandó, Bojayá, Murindó, Murrí, Salaquí, Curbaradó, San Juan, Sipí, Copomá, Cucurrupí, Calima, Mira, Baudó, Dagua, Anchicayá, Guapi, Iscuandé, Patía, Río Mira, Andágueda, Juradó y Penderiscos, alrededor de los cuales se organiza la matriz de bienes y servicios ambientales que prestan los ecosistemas de la región. El impacto de El Niño sobre los niveles de agua de estos ríos varía significativamente según la ubicación geográfica de sus cuencas de captación, la intervención de actividades humanas como la minería ilegal o la generación energética, y su morfología fluvial. A continuación, se presenta una evaluación la posible afectación de algunos de estos ríos:

- **El río Atrato** constituye la columna vertebral del sistema fluvial del departamento del Chocó: recorre 750 km desde su nacimiento en el cerro Plateado hasta desembocar en el golfo de Urabá, y recibe los aportes de más de 150 ríos y 200 quebradas. En condiciones normales, sus aguas sostienen un movimiento permanente de embarcaciones que conecta comunidades y mercados a lo largo de toda la cuenca. Sin embargo, durante los episodios severos del fenómeno de El Niño, la reducción sostenida de las lluvias disminuye drásticamente su nivel y restringe el tránsito de embarcaciones reduciendo en los días efectivos de navegación en hasta un 40% y compromete el tránsito de lanchas

motorizadas de mediano calado. Sus principales tributarios registran respuestas hidrológicas aún más críticas:

• **Río Bojayá:** Caracterizado por una alta sinuosidad y meandros cambiantes, este río articula la vida de decenas de comunidades afro e indígenas a lo largo de su cuenca. En condiciones normales de caudal, el trayecto en lancha motorizada desde las cabeceras hasta las poblaciones ribereñas principales demanda entre 7 y 9 horas continuas de navegación (France24, 2022), con tarifas de pasajero que oscilan entre $60.000 y $90.000, según las tarifas oficiales registradas para rutas de extensión comparable en el corredor del Atrato (Inspección Fluvial de Riosucio, 2021). Durante la época seca agudizada por El Niño, el descenso del nivel expone playas de arena y bancos de sedimento que bloquean los canales navegables tradicionales, forzando el abandono de las lanchas de abastecimiento y la transición hacia canoas pequeñas de palanca. Este cambio de embarcación eleva los tiempos de desplazamiento a entre 14 y 18 horas en condiciones adversas y duplica o triplica el costo del pasaje –llegando a superar los $180.000 por persona–, un patrón de incremento documentado en episodios anteriores de restricción severa de navegabilidad en la misma cuenca (Notiriosucio, 2020a). El costo de transporte de insumos básicos sigue la misma lógica: un bulto de 50 kg de plátano o maíz que normalmente se fleta por alrededor de $20.000 puede superar los $65.000 durante los meses más críticos de la sequía (Notiriosucio, 2020a).

• **Río Murindó:** Sus caudales sostienen las dinámicas vitales de los resguardos indígenas de Guagua, Isla, Chimiadó, Coredo y Bachidubi, cuya única vía de comunicación con los centros de abastecimiento es el corredor fluvial. En condiciones normales, el trayecto desde Vigía del Fuerte hasta el casco urbano de Murindó toma aproximadamente dos horas de navegación por el Atrato y el bajo Murindó (El Espectador, 2021).

Durante las fases del ENOS, esta ruta puede quedar interrumpida durante periodos de entre 6 y 10 semanas consecutivas, lapso en el que las comunidades –cuyos ingresos mensuales promedio oscilan entre $200.000 y $400.000 (The Social Water, s.f.)– se ven expuestas no solo a la escasez de agua dulce, sino también al recrudecimiento de los bloqueos territoriales impuestos por grupos armados ilegales que aprovechan el aislamiento para reforzar el control sobre la cuenca (El Espectador, 2021).

- **Río Murrí:** Este afluente drena vastas áreas de la Cordillera Occidental hacia la margen oriental del Atrato, articulando el flujo de madera y productos agrícolas hacia los mercados de la región andina. La pérdida de caudal durante la temporada seca puede mantener interrumpida la navegación por hasta 8 semanas, período durante el cual los productores chocoanos quedan sin posibilidad de comercializar sus excedentes. El costo de transporte de madera, que en épocas normales representa entre el 15% y el 20% del valor final del producto en destino (Superintendencia de Transporte de Colombia, 2022), pierde toda equivalencia durante la sequía ante la imposibilidad material de mover la carga.

- **Ríos Salaquí y Curbaradó:** Localizados en la parte baja de la cuenca del Atrato, estos ríos acumulan años de sedimentación progresiva que agrava sus condiciones de navegabilidad incluso fuera de los periodos de estiaje (Superintendencia de Transporte de Colombia, 2022). Cuando El Niño reduce adicionalmente el caudal, los lechos de limo y los bancos de arena emergen y bloquean por completo los canales fluviales que utilizan las comunidades. En estas condiciones, una evacuación médica de emergencia que normalmente demanda entre 3 y 5 horas puede extenderse a más de un día o resultar directamente imposible. La comercialización de plátano y yuca –base de los ingresos de subsistencia de las familias– queda suspendida durante semanas,

afectando a hogares cuya renta mensual promedio no supera los $350.000 (The Social Water, s.f.).

• **Río Andágueda:** Situado en la cabecera alta de la cuenca, este río enfrenta una doble presión: el déficit pluvial propio de los eventos de El Niño y la colmatación de sedimentos derivada de la minería de oro aluvial que opera en su cuenca media y alta. El arrastre incontrolado de materiales reduce la profundidad efectiva del cauce en periodos secos hasta niveles que impiden el tránsito incluso de canoas cargadas, obligando a las comunidades a fraccionar sus cargas y realizar múltiples viajes que pueden triplicar el tiempo y el costo logístico de cualquier desplazamiento.

• **Río Penderiscos:** Nacido en las alturas andinas del municipio de Urrao, este río presenta una marcada estacionalidad condicionada por el régimen de lluvias de la vertiente occidental de la cordillera. Las fases secas del ENOS deprimen sus aportes a niveles críticos durante periodos que pueden extenderse entre 10 y 14 semanas –concentrándose principalmente entre enero y marzo, cuando los efectos del fenómeno son más graves en el territorio colombiano (Semana, 2020)–, reduciendo la oferta hídrica disponible en las cuencas bajas del Atrato Medio y agudizando las condiciones de escasez en comunidades que ya dependen de la recolección de agua lluvia como fuente primaria de abastecimiento (The Social Water, s.f.).

• **El río San Juan** conforma la red fluvial más caudalosa de la vertiente pacífica sudamericana, con una longitud de 352 km y una cuenca de entre 15.000 y 16.465 km$^2$. Sus zonas alta y media reciben aportes pluviales excepcionales que sostienen caudales medios de entre 2.593,7 y 3.190 m$^3$/s en la desembocadura (Boletín Científico CCCP, 2006). Más allá de su peso hidrológico, el San Juan es la columna vertebral del transporte de personas y

alimentos en toda su cuenca: en condiciones normales de caudal, el trayecto entre comunidades ribereñas de la cuenca baja y el principal centro de servicios, Istmina, demanda alrededor de cinco horas de navegación en lancha rápida, con tarifas en la línea regular de entre $80.000 y $100.000 –cifra que se triplica cuando se recurre a embarcaciones particulares– (La Cola de Rata, 2020). La reducción de lluvias asociada a El Niño deprime el nivel hidrométrico basal del río y afecta la navegabilidad de sus tributarios y subcuencas clave:

- **Ríos Sipí, Copomá y Cucurrupí.** Estos tres afluentes conforman corredores biológicos y fluviales indispensables dentro de la cuenca del San Juan. A lo largo de sus riberas se asientan comunidades afrodescendientes cuyo acceso a alimentos e insumos depende casi exclusivamente del transporte fluvial; en episodios recientes de restricción de movilidad, la Unidad para las Víctimas debió articular recorridos fluviales de emergencia a lo largo del San Juan para abastecer a más de 4.000 personas de municipios como Sipí y Tadó (Unidad para las Víctimas, 2025). En los periodos secos agudizados por El Niño, el agudo descenso del nivel del Sipí compromete tanto la provisión de agua potable como el desplazamiento en lanchas rápidas. Las subcuencas de Copomá y Cucurrupí registran pérdidas de flujo que exponen tramos rocosos e impiden el tránsito de embarcaciones cargadas, lo que obliga a las comunidades a fraccionar sus cargas en múltiples viajes: un bulto de plátano que normalmente se fleta por alrededor de $20.000 puede superar los $65.000 cuando el calado del río obliga a sustituir las lanchas de línea por canoas de menor capacidad.

- **Río Calima.** Altamente intervenida para la generación hidroeléctrica, esta cuenca tiene una demanda concesionada de 31.536 $m^3$/año y caudales que oscilan entre 5,85 $m^3$/s en noviembre y 2,03 $m^3$/s en agosto. El embalse de Calima ha perdido

cerca del 8,2% de su volumen útil por acumulación de sedimentos, lo que restringe su capacidad de regulación hídrica; durante los eventos intensos de El Niño, el caudal ambiental de estiaje debe reducirse en un 25% (Peñuela et al., 2025; CVC, 2022), agravando los conflictos de uso entre el sector eléctrico y las comunidades que dependen del caudal liberado para la navegación menor y el consumo doméstico.

• Con un área de captación de 5.400 km² y estaciones pluviométricas en Pie de Pató (6.483 mm anuales) y Pie de Pepé (6.544 mm anuales) (Boletín Científico CCCP, 2006), el Baudó es uno de los ríos más aislados del país: separado del resto del Chocó por la serranía del mismo nombre, y sin conexiones fluviales con el San Juan ni con el Atrato, el río constituye la única vía de comunicación efectiva de sus comunidades ribereñas (CIVP, 2024). En condiciones normales de lluvias, la navegabilidad del Baudó es óptima para embarcaciones de tamaño medio (EcuRed, s.f.), y los tiempos de desplazamiento por la cuenca ya son considerables: el trayecto a motor desde Puerto Meluk hasta la cabecera municipal de Pie de Pató exige unas cuatro horas de navegación (El Espectador, 2021a), mientras que las comunidades más alejadas de la cuenca deben invertir entre 2 y 12 horas en lancha para llegar a ese primer punto de atención en salud (El Espectador, 2022). La época seca del Baudó, que naturalmente se extiende de enero a abril, período en que las precipitaciones descienden de más de 400 mm mensuales a cerca de 300 mm, reduce la circulación de lanchas de cabotaje (Boletín Científico CCCP, 2006). Cuando este ciclo estacional se combina con un episodio severo de El Niño, las consecuencias se agravan: las comunidades de Alto Baudó reportan periodos de confinamiento de facto de varias semanas, durante los cuales el acceso a alimentos, la atención médica de urgencia y la comercialización de los productos agrícolas locales quedan comprometidos de manera crítica. Las tarifas de transporte de pasajeros y carga

experimentan en esas condiciones incrementos comparables a los documentados en otras cuencas del Chocó bajo restricción severa de navegabilidad –que pueden duplicar o triplicar el costo habitual del flete–, afectando especialmente a hogares con ingresos de subsistencia que no superan los $400.000 mensuales (The Social Water, s.f.).

• En el extremo noroccidental del Chocó, a pocos kilómetros de la frontera con Panamá, el municipio de Juradó presenta uno de los perfiles de aislamiento más extremos del país: no tiene conexión terrestre con el resto del departamento y su movilidad depende casi en exclusiva del transporte fluvial interno –a través de los ríos Juradó, Jampabadó y Apartadó, que atraviesan su territorio (El País, 2024)– y del transporte marítimo costero como alternativa de largo alcance. En sus 14 comunidades indígenas, distribuidas en cuatro resguardos, y sus cinco corregimientos afrodescendientes, el río Juradó cumple la función de eje de desplazamiento cotidiano para el abastecimiento de alimentos, la atención de urgencias médicas y la comunicación entre veredas (Defensoría del Pueblo, 2023). El régimen climático del municipio presenta una época de lluvias moderadas entre enero y marzo –la más seca del año en este rincón del Pacífico Norte colombiano, período que bajo condiciones normales ya reduce el caudal del río Juradó por debajo de los niveles óptimos de navegación de botes menores. Cuando un evento severo de El Niño se superpone a esta estacionalidad, la caída adicional del caudal bloquea por completo los canales fluviales, haciendo innavegables incluso las canoas pequeñas y cortando el único vínculo de movilidad interna de las comunidades durante periodos que pueden extenderse entre 8 y 12 semanas. Ante este colapso fluvial, la única alternativa disponible es el transporte marítimo en mar abierto, con consecuencias económicas y de seguridad inmediatas: el pasaje en lancha de motor que cubre la ruta costera hacia el punto de abastecimiento y servicios más cercano –Bahía Solano–

o hacia el lado panameño en Jaqué, tiene un costo que oscila entre $160.000 y $240.000 por persona, y el trayecto demanda entre 3 y 4 horas de travesía por aguas abiertas del Pacífico (Plan B Viajero, s.f.; Portal Mochilero, 2023). Estas tarifas representan entre el 40% y el 100% del ingreso mensual de los hogares más vulnerables de la subregión, cuyas rentas promedio no superan los $400.000 (The Social Water, s.f.).

El tránsito marítimo no solo resulta económicamente prohibitivo para buena parte de la población: en el Pacífico Norte chocoano, las condiciones de oleaje y corriente hacen que estas embarcaciones menores enfrenten riesgos reales de naufragio, especialmente durante los meses de estiaje en que El Niño modifica los patrones de viento y mar. En situaciones de crisis de seguridad –como las documentadas en diciembre de 2023, cuando los lancheros del servicio público suspendieron sus recorridos por amenazas de grupos armados– el servicio marítimo desaparece por completo (Defensoría del Pueblo, 2023), dejando a las comunidades sin ninguna vía de evacuación médica, sin posibilidad de comercializar sus productos agrícolas y sin acceso al mercado para la compra de alimentos básicos. El costo de transporte de un bulto de 50 kg de arroz o plátano –cuando existe alguna embarcación disponible– puede triplicarse respecto a los valores habituales en épocas de caudal normal, siguiendo el mismo patrón de incremento documentado en otras cuencas del Chocó bajo condiciones equivalentes de restricción severa de navegabilidad (Notiriosucio, 2020a).

• **En el sector sur del Pacífico colombiano,** los sistemas fluviales atraviesan cuencas con menores promedios anuales de precipitación que las del norte chocoano. Esta condición incrementa su sensibilidad a los periodos extremos de sequía y hace que la contracción de sus caudales tenga repercusiones inmediatas sobre el transporte de pasajeros, el suministro de



alimentos y el acceso al agua potable de comunidades que, en la mayoría de los casos, carecen de alternativas viales terrestres (Ministerio de Transporte, 2024).

• **Río Patía.** Con una longitud total de 400 km, de los cuales los últimos 90 km constituyen la porción navegable que conecta a las comunidades nariñenses con el litoral Pacífico, el Patía es la cuenca de mayor extensión de la vertiente pacífica colombiana, con aproximadamente 23.700 km$^2$ y un caudal medio multianual de 326,3 m$^3$/s en Puente Pusmeo (Boletín Científico CCCP, 2006). En sequía severa, ese caudal desciende hasta mínimos de 163 m$^3$/s en septiembre, una reducción del 50% respecto al promedio, lo que impide la navegación comercial pesada en los canales del bajo Patía e impone el uso de canoas de menor calado cuyo costo de flete para un bulto de productos agrícolas puede duplicarse o triplicarse frente a los valores de temporada húmeda. En paralelo, la caída del caudal favorece la intrusión de la cuña salina en los esteros, amenazando los acuíferos costeros de los que se abastecen poblaciones como Bocas de Satinga, cabecera de Olaya Herrera (Nariño), donde ya se han registrado episodios de abandono del consumo de recursos del río por contaminación de las aguas.

• **Río Mira.** Con una precipitación promedio anual de 2.000 mm, el Mira nace en los Andes ecuatorianos y atraviesa el municipio de Tumaco antes de desembocar en el Pacífico, constituyéndose en la fuente de agua para el acueducto que abastece a al menos 160.000 habitantes urbanos y 20.000 rurales de esa zona (OCHA, 2009). Los consejos comunitarios de Alto Mira y Frontera y Bajo Mira y Frontera dependen directamente de sus aguas tanto para consumo humano como para el transporte fluvial de pasajeros y carga entre sus comunidades y el centro urbano de Tumaco. Durante las fases cálidas del ENOS, la reducción del caudal disminuye la profundidad del canal navegable fronterizo con Ecuador, obliga a las embarcaciones a buscar canales alternativos más largos y puede extender en 2 o 3 horas los tiempos de desplazamiento habituales en la cuenca baja, con el consecuente encarecimiento del transporte de carga agrícola en un territorio cuyo combustible para motores fuera de borda ya es entre 4 y 10 veces más intensivo en consumo por kilómetro que un vehículo terrestre (La Silla Vacía, 2023).

• **Río Dagua.** En el Valle del Cauca, este río experimenta bajo la influencia de El Niño descensos muy por debajo de sus promedios históricos que comprometen la oferta de agua para consumo humano y los distritos de riego de la vertiente andina (CVC, 2024). La reducción del caudal afecta también la navegación de botes de pequeño calado en los tramos medios y bajos, que sirven de corredor logístico para comunidades rurales sin acceso vial permanente.

• **Río Anchicayá.** Este afluente del Pacífico vallecaucano arrastra el peso de una catástrofe ambiental irreversible: el 23 de julio de 2001, la Empresa de Energía del Pacífico (EPSA) liberó 500.000 $m^3$ de sedimentos acumulados durante 50 años en el embalse del Bajo Anchicayá, convirtiendo el río en un lodazal que destruyó todos los peces, arruinó los cultivos de pancoger y dejó en la ruina

a unas 6.000 personas agrupadas en 11 consejos comunitarios y 9 títulos colectivos (El Espectador, 2021b). El Tribunal Administrativo del Valle condenó a EPSA y a la CVC al pago de 166.945 millones de pesos a las víctimas por tratarse de una catástrofe social y ambiental de grandes proporciones –cifra que, dividida entre las familias afectadas, equivale a unos 55 millones de pesos por núcleo familiar (Semana, 2020)–, aunque el proceso de pago ha avanzado con extrema lentitud. Bajo la influencia de El Niño, el descenso del caudal agudiza la concentración de los sedimentos remanentes que aún colmatan el lecho del río, restringe aún más el acceso al recurso hídrico de las comunidades ribereñas y dificulta la navegación de los botes que constituyen el único medio de comunicación entre las veredas del bajo Anchicayá y el puerto de Buenaventura (Pressenza, 2026).

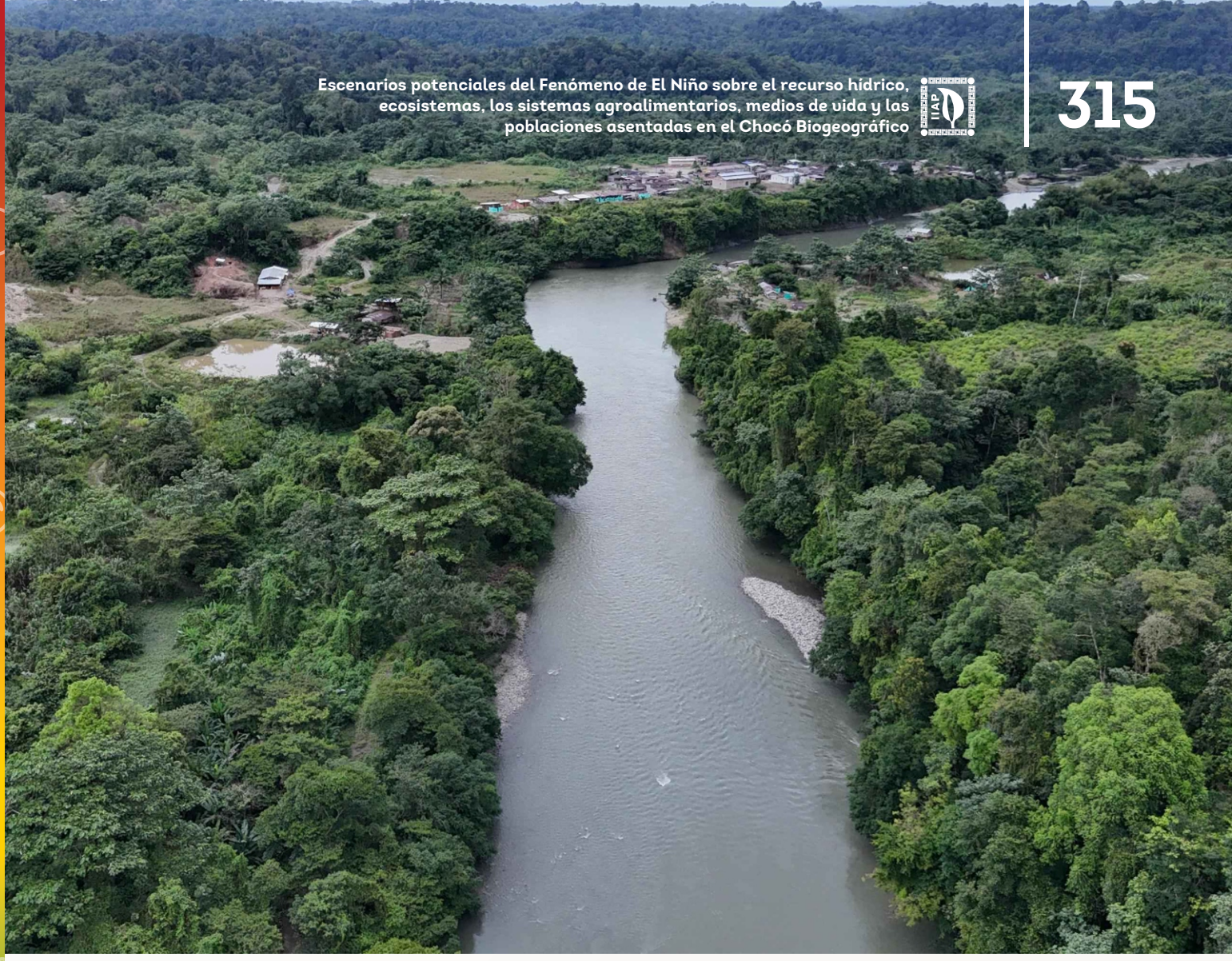
- **Ríos Guapi e Iscuandé.** Monitoreados por el IDEAM ante las reducciones críticas de caudal durante las anomalías del ENOS, estos ríos son la única vía de comunicación de Guapi y Timbiquí –municipios del litoral caucano completamente desconectados de la red vial terrestre (Todacolombia.com, s.f.)– y de las comunidades del entorno de Iscuandé (Nariño). En condiciones normales, el trayecto en lancha desde Buenaventura hasta Guapi demanda unas 4 horas y cuesta alrededor de $170.000 por pasajero (Ecoglobal Expeditions, s.f.); desde Guapi hasta Iscuandé, la travesía estero-mar-río dura menos de 2 horas (El Espectador, 2019). Los tres municipios del litoral caucano –Guapi, Timbiquí y López de Micay– no tienen carretera y concentran en conjunto cerca de 26.000 habitantes afrodescendientes cuyo suministro de víveres, combustible y materiales depende íntegramente de embarcaciones de motor fuera de borda, cuyo consumo de gasolina es entre 4 y 10 veces mayor por kilómetro que un vehículo terrestre; un incremento en el precio del combustible o en la distancia navegable efectiva repercute de forma inmediata en el costo de los alimentos básicos en las

tiendas comunitarias (La Silla Vacía, 2023; Zona Docs, 2022). Durante los eventos del ENOS, la contracción de las escorrentías de Guapi e Iscuandé altera la dinámica estuarina de ambas cuencas: promueve la salinización de los acuíferos costeros que abastecen a las comunidades ribereñas, limita los calados disponibles para la navegación menor de cabotaje y puede extender hasta 6 o 8 semanas los periodos en que los canales interiores resultan innavegables para las lanchas de abastecimiento que conectan las veredas con las cabeceras municipales.

• **Río Naya:** Con una longitud cercana a los 120 km, el Naya nace en el cerro homónimo de la cordillera Occidental (cerca de 2.650 m s. n. m.) y marca el límite entre el Valle del Cauca y el Cauca, separando al distrito de Buenaventura de los municipios de López de Micay y Buenos Aires antes de desembocar en el Pacífico, donde forma la Isla del Ají entre extensos manglares (Consejo Comunitario del Río Naya, s.f.; Rutas del Conflicto, 2018). En torno a su cuenca (unas 170.000 hectáreas) se organizan comunidades afrodescendientes agrupadas en el Consejo Comunitario de la cuenca del río Naya y el pueblo indígena Eperara Siapidara, para quienes el río es la única vía de comunicación, abastecimiento y comercialización; en un distrito como Buenaventura, cuyo territorio es rural en un 99%, las comunidades del Naya deben navegar más de tres horas en lancha rápida para alcanzar el casco urbano y los servicios institucionales (El Espectador, 2021c). Sobre esta dependencia fluvial total operan dos presiones que El Niño agrava. La primera es hidrológica: al pertenecer a la vertiente sur del Pacífico, de menores promedios de lluvia que el norte chocoano, la reducción de caudales durante las fases cálidas del ENOS expone bancos de sedimento, reduce el calado navegable y obliga a sustituir las lanchas de línea por canoas de menor capacidad, encareciendo el flete de alimentos e insumos según el mismo patrón documentado en otras cuencas del

Pacífico bajo restricción severa de navegabilidad (La Silla Vacía, 2023); en paralelo, la menor descarga de agua dulce favorece la intrusión salina en el delta y los manglares de la bocana, de los que dependen la pesca y la recolección de piangua. La segunda es la presión de los grupos armados: la cuenca del Naya ha sido escenario reiterado de confinamientos y controles a la movilidad y al ingreso de alimentos, como el confinamiento de comunidades Eperara Siapidara del resguardo Joaquincito Río Naya en 2024 (Defensoría del Pueblo, 2024), de modo que la bajante coincide con periodos en que el río ya está restringido por el conflicto. A ello se suma el riesgo de creciente súbita: en febrero de 2024 un desbordamiento del Naya en jurisdicción de López de Micay afectó a 12.034 personas, lo que confirma que en este corredor la amenaza es dual, la bajante que aísla y la creciente que inunda.

- **Ríos Timbiquí y Micay:** Los municipios de Timbiquí y López de Micay, en el litoral caucano, carecen por completo de conexión vial terrestre y dependen del cabotaje marítimo entre Guapi, Timbiquí y López y de la navegación interior por sus ríos en pequeñas embarcaciones (Todacolombia.com, s.f.). El río Timbiquí (junto con el Saija) articula la vida del municipio, a lo largo de sus riberas y esteros se asientan algunos consejos comunitarios de comunidades negras, entre ellos El Cuerval, sobre los ríos San Miguel, Cuerval y Loro, que emplean estos cauces como vías de comunicación entre Guapi y Timbiquí (Consejo Comunitario El Cuerval, s.f.). En López de Micay, el río Micay (o San Juan de Micay) cumple esa misma función estructurante para los consejos comunitarios de su cuenca. Se trata de cauces de la vertiente sur, con menores promedios anuales de precipitación que el norte chocoano, lo que incrementa su sensibilidad a la sequía: durante los eventos de El Niño, la contracción de las escorrentías reduce el calado disponible para la navegación menor, alarga los tiempos de desplazamiento y encarece el transporte de víveres y combustible en un territorio donde el consumo de gasolina de los



motores fuera de borda ya es entre 4 y 10 veces mayor por kilómetro que el de un vehículo terrestre (La Silla Vacía, 2023). A la vez, la menor descarga de agua dulce promueve la salinización de los esteros y acuíferos costeros de los que se abastecen las comunidades y concentra la carga contaminante en unas fuentes cuya calidad ya es crítica (según INCA 2017 del Ministerio de Salud y Protección Social, el río Timbiquí registró un IRCA de 94,5, agua inviable sanitariamente, y López de Micay ni siquiera reporta información al SIVICAP). Para los cerca de 26.000 habitantes de Guapi, Timbiquí y López de Micay, sin alternativa vial, cualquier reducción del calado navegable o encarecimiento del combustible se traduce de inmediato en el costo y la disponibilidad de los alimentos básicos en las tiendas comunitarias.

## 5.1.5. Eventos de mayor impacto y sistemas hídricos asociados

Los eventos de mayor afectación poblacional confirman el peso de las inundaciones en el balance final y su anclaje en los principales sistemas hídricos descritos en la sección 5.1.4. Entre los episodios más severos del registro figuran la inundación de Tumaco en mayo de 2024 (40.100 personas; ríos Mira, Imbilí, Caguanapí y Guisa), la inundación de Timbiquí en noviembre de 2015 (28.400 personas), las inundaciones recurrentes del Alto y Medio Baudó (15.000 personas en marzo de 2024; 13.973 en 2016; 12.000 en 2015) y la creciente súbita del río Naya, en López de Micay, en febrero de 2024 (12.034 personas).

El sistema del Atrato y sus tributarios (Bojayá, Napipi, Bebará) y el del San Juan (Sigüí, Copomá) reaparecen de forma sistemática entre los eventos priorizados, lo que refuerza que estos corredores fluviales son, a la vez, las arterias de transporte y los focos de riesgo durante los ciclos ENOS: tan crítica es la bajante que aísla a las comunidades como la creciente súbita que las inunda. Leídos por corredor, estos episodios revelan una recurrencia estructural: entre 2019 y 2024 el Atrato medio acumuló más de 32.000 personas afectadas en Bojayá y más de 26.000 en Medio Atrato, mientras que en el Pacífico Sur El Litoral del San Juan reunió cerca de 35.000, Medio Baudó unas 29.000 y Barbacoas cerca de 24.500 (Capítulo 1). Conviene precisar, con la misma cautela metodológica del Capítulo 1, que estas cifras corresponden a la suma de eventos individuales y no a población única: la probable repetición de las mismas familias entre un evento y otro no debilita el argumento, sino que expresa el carácter recurrente –y por tanto estructural– de la exposición.

# 5.2. EVIDENCIA EPIDEMIOLÓGICA Y VECTORES

## 5.2.1. Mecanismos biofísicos de la transmisión vectorial

Las anomalías térmicas y el aumento de rachas secas (CDD) del ENOS modifican la dinámica vectorial: el calor hacia los 28 °C acelera el desarrollo larvario de Aedes aegypti; entre 32 °C y 35 °C el período de incubación del dengue se acorta de 12 a 7 días, acelerando la transmisión; la baja precipitación (0,85 mm semanales en periodos de CDD prolongado) elimina el barrido mecánico natural de criaderos; y la disminución del caudal de los ríos hace que se fragmenten y formen pozas que, sumadas a las altas temperaturas, favorece la reproducción de Anopheles (vector de la malaria).

El análisis histórico de impactos múltiples señala que, durante períodos con condiciones Niño, los sistemas de salud del Chocó Biogeográfico deben vigilar simultáneamente déficits hídricos, incendios de cobertura y enfermedades vectoriales, dado que las condiciones climáticas favorecen la convergencia de estas amenazas. Los indicadores de continuidad hídrica del Capítulo 1 (CDD y CWD) precisan cuándo y dónde se abren estas ventanas de transmisión: las rachas secas más largas se concentran en el régimen Norte entre enero y abril, mientras que la mayor persistencia de lluvia del Centro sostiene criaderos a lo largo del año. En paralelo, la menor renovación del agua descrita en el Capítulo 2 –con tramos urbanos de oxígeno disuelto inferior a 5 mg/l y eutrofización– deteriora las fuentes de las que dependen los hogares, reforzando el vínculo entre crisis hídrica y carga de enfermedad diarreica aguda.

## 5.2.2. Evidencia empírica: dengue y malaria

El estudio ecológico de Olivera, Porras-Villamil y Fuentes (2025) encontró que El Niño está asociado con más casos de dengue, chikungunya y Zika, y que a mayor temperatura máxima, mayor incidencia de malaria. Grubaugh et al. (2024) mostraron que el fuerte ENOS de 2023–2024 fue clave en el brote récord de dengue del Valle del Cauca –que incluye Buenaventura–, con los cuatro serotipos circulando a la vez. Salazar-Ceballos y Álvarez-Miño (2025) asociaron el Índice Oceánico de El Niño (ONI) con el dengue en el Caribe, usando un indicador aplicable también al Pacífico como alerta temprana.

La malaria evidencia el peso del Pacífico: la costa pacífica (Chocó, Cauca, Nariño y Buenaventura) reúne el 51,2 % de los casos del país (INS, 2024). A diferencia del nivel nacional, donde domina Plasmodium vivax (63,1 %), en el Pacífico predomina P. falciparum (más del 60%), la especie ligada a los cuadros más graves. Bouma, Poveda, Rojas et al. (1997) demostraron que los casos de malaria aumentan un 17,3 % durante un año de El Niño y un 35,1 % en el año siguiente, en relación con el calentamiento del Pacífico ecuatorial oriental.

## 5.2.3. El almacenamiento intradomiciliario como amplificador biológico

Un factor agravante de esta dinámica es el almacenamiento intradomiciliario de agua. Al reducirse los caudales superficiales durante los períodos de CDD elevado, las familias se ven forzadas a aumentar los recipientes improvisados para almacenar agua dentro de las viviendas. Al carecer de tapas, estos depósitos crean microclimas húmedos y estables que se convierten en el principal amplificador biológico para la cría de Aedes aegypti.

Este mecanismo conecta directamente la crisis de abastecimiento hídrico con la epidemia vectorial: a menor continuidad de la lluvia, mayor almacenamiento domiciliario, mayor proliferación del vector y mayor incidencia de enfermedades. Se estima que 5,1 millones de personas a nivel nacional pueden verse afectadas por enfermedades infecciosas y vectoriales (UNGRD, 2023).

## 5.4. EDUCACIÓN Y VULNERABILIDAD DE PUEBLOS ÉTNICOS

### 5.4.1. Efectos sobre el calendario y el rendimiento escolar

El fenómeno de El Niño puede alterar el normal desarrollo del calendario escolar por varias vías que, en el Chocó Biogeográfico, tienden a presentarse de forma simultánea. La primera es el calor extremo. Aunque las medidas más visibles se han adoptado hasta ahora en el Caribe, constituyen un precedente nacional directo: ante la ola de calor de 2026, la Secretaría de Educación de Cartagena implementó los llamados "bloques térmicos", que reducen las clases de 55 a 45 minutos y reorganizan la jornada, además de suspender las actividades educativas y al aire libre en las horas de mayor temperatura y exigir a cada institución un plan de compensación pedagógica. El contexto climático refuerza la pertinencia de anticipar estos efectos en el Pacífico, pues el IDEAM elevó la probabilidad de instauración de El Niño del 62% al 82% para el trimestre mayo-julio de 2026, con una consolidación cercana al 96% hacia finales del año.

A las pausas térmicas se suman dos disrupciones que en el Pacífico pesan tanto o más que el calor.

Por un lado, el desabastecimiento de agua: en una región donde la cobertura de acueducto es la más baja del país, la reducción de caudales durante El Niño deja a muchas escuelas sin agua para higiene y saneamiento, lo que obliga a suspender jornadas o eleva el riesgo de enfermedades que vacían las aulas. Por otro, el aislamiento fluvial: como buena parte de la niñez rural llega a la escuela en embarcación, y el tiempo y la viabilidad del viaje dependen del nivel del río, una bajante prolongada se traduce en inasistencia y en días de clase efectivamente perdidos. A ello se añade la pérdida de días lectivos por brotes de dengue, malaria y enfermedad diarreica aguda. El resultado es un calendario escolar que, sobre el papel, se mantiene, pero que en la práctica se fragmenta de manera desigual entre territorios.

La magnitud de esta exposición puede dimensionarse con el registro de establecimientos educativos del Ministerio de Educación Nacional (MEN–DANE, 2024). En la franja litoral de máxima exposición funcionan cerca de 2.840 sedes educativas, agrupadas en unos 635 establecimientos, que atienden a aproximadamente 333.000 estudiantes de preescolar, básica y media. El grueso de esta matrícula se concentra en el Chocó (alrededor de 153.800 alumnos en 1.259 sedes) y en el Pacífico nariñense (cerca de 94.000 en más de mil sedes), seguidos de Buenaventura (64.300 estudiantes) y del litoral caucano (unos 20.900). Si se incorpora el resto de la ecorregión: Chocó Biogeográfico antioqueño, cordobés y risaraldense, el universo potencialmente afectado supera los 4.000 establecimientos y sedes y el medio millón de estudiantes. Sobre esta población escolar recaen de forma simultánea las disrupciones ya descritas –pausas por calor extremo, suspensión de jornadas por desabastecimiento de agua, inasistencia por aislamiento fluvial durante las bajantes y pérdida de días lectivos por brotes de dengue, malaria y enfermedad diarreica aguda–. Como buena parte de estas sedes son rurales y muchas solo se alcanzan por vía fluvial, el riesgo de fragmentación del calendario



escolar no se distribuye de manera homogénea, sino que recae con mayor fuerza sobre las comunidades negras e indígenas más dependientes del río.

## 5.4.2. Impacto sobre el desarrollo infantil

Las olas de calor y el desabastecimiento crónico de agua impactan profundamente el desarrollo infantil, la falta de agua para la higiene en escuelas y hogares incrementa el riesgo de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA), una de las principales causas de muerte en menores de cinco años, evento en el que el Chocó figura históricamente entre los territorios con mayor mortalidad infantil del país. A nivel nacional, Save the Children (2024) estimó que cerca de un millón de niñas, niños y adolescentes se vieron afectados por los efectos de El Niño, con especial vulnerabilidad de la niñez indígena –en particular la niñez Wayuu de La Guajira–. Esta es una cifra de alcance nacional y no específica del Pacífico; en el Chocó Biogeográfico, la afectación a la niñez se expresa a través del déficit de agua, la inseguridad alimentaria y la carga de EDA y malaria descritas en este documento.

## 5.5 RECOMENDACIONES A NIVEL SOCIOCULTURAL

El análisis climático territorial y la evidencia socioeconómica y epidemiológica verificada en esta nota permiten identificar algunas recomendaciones dirigidas a tomadores de decisiones para la gestión del riesgo derivado del ENOS en el Chocó Biogeográfico:

**1** Adoptar la lectura diferenciada Norte-Centro-Sur como marco de preparación institucional. Esta lectura se traduce operativamente en la guía de tres corredores prioritarios –Atrato medio, Pacífico Sur y Urabá–Bajo Atrato–Darién–, que define para cada uno dónde vigilar, qué puede ocurrir y en qué ventana del año. El calendario operativo de vigilancia propuesto –Norte en enero–marzo, Sur en julio–diciembre, Centro con vigilancia permanente– permite activar alertas preventivas antes de que los impactos sean evidentes.

**2** Preparar el territorio para una amenaza dual y no exclusivamente deficitaria: integrar en los planes municipales de gestión del riesgo tanto los escenarios de déficit e incendios (asociados a los regímenes Norte y Sur) como los de crecientes e inundaciones localizadas (frecuentes en el régimen Centro), dado que el registro histórico de eventos muestra que ambos ocurren dentro de un mismo ciclo de El Niño (véase 5.1.5).

**3** Implementar sistemas de alerta temprana epidemiológica que utilicen el ONI como predictor de brotes de dengue y malaria, aprovechando el desfase de varias semanas entre la señal oceánica y el aumento de casos descrito por Salazar-Ceballos y Álvarez-Miño (2025).

**4** Se recomienda a las autoridades educativas incorporar el calendario escolar como una variable explícita de la preparación ante El Niño en el Chocó Biogeográfico: definir protocolos diferenciados de jornada –pausas térmicas, flexibilización de horarios y planes de compensación pedagógica al estilo de los ya ensayados en el Caribe– activables de manera preventiva según las ventanas de mayor riesgo de cada zona.

**5** Articular la respuesta humanitaria con los sistemas propios de gobernanza territorial de los Consejos Comunitarios y los Cabildos indígenas, integrando el conocimiento territorial comunitario con los indicadores climáticos objetivos (CDD, CWD, anomalías mensuales) producidos por el IDEAM.

# REFERENCIAS

Aguilar, A., y Vicarelli, M. (2022). El Niño and children: Medium-term effects of early-life weather shocks on cognitive and health outcomes. World Development, 150, 105690. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105690

Boletín Científico CCCP. (2006). Aporte de caudales de los ríos Baudó, San Juan y Patía a la costa Pacífica colombiana. Boletín Científico CCCP, (13), 17-32. https://pdfs.semanticscholar.org/7c9b/308fdbf96d080ed6145f012681a29abe6735.pdf

Borda, C. A., y Cruz, R. (2004). Pesca artesanal de bivalvos (Anadara tuberculosa y A. similis) y su relación con eventos ambientales en el Pacífico colombiano. Revista de Investigación Marina, 25(3), 197–208.

Bouma, M. J., Poveda, G., Rojas, W., Chavasse, D., Quiñones, M., Cox, J., y Patz, J. (1997). Predicting high-risk years for malaria in Colombia using parameters of El Niño Southern Oscillation. Tropical Medicine & International Health, 2(12), 1122–1127. https://doi.org/10.1046/j.1365-3156.1997.d01-210.x

Comisión Interétnica de la Verdad de la Región Pacífico [CIVP]. (2024). Río Baudó: entre la coca y el fuego. https://verdadpacifico.org/rio-baudo-entre-la-coca-y-el-fuego/

Consejo Privado de Competitividad. (2025). Infraestructura, transporte y logística. En Informe Nacional de Competitividad 2024-2025. https://compite.com.co/wp-content/uploads/INC-2025_-ITL.pdf

CODECHOCÓ (2025). Resolución No. 0548 del 09 de junio de 2025. Estudio Hidrológico e Hidráulico para el proyecto de muelle fluvial en Istmina, basado en registros de la estación hidrológica Istmina del IDEAM (periodo 2000-2023).

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca [CVC]. Adaptado de Balance Oferta-Demanda de Agua, Cuenca del Río Dagua, 2022, Dirección Técnica Ambiental – Grupo de Recursos Hídricos, CVC (2022).

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca [CVC]. (2022). Estudio de caudales y demanda hídrica concesionada cuenca río Calima. CVC.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca [CVC]. (2024). Monitoreo hidrológico y alertas tempranas cuenca río Dagua. CVC.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2017). Balance oferta-demanda de agua, cuenca del río Calima. CVC. https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2018-09/Balance_Calima.pdf

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2022). Balance oferta-demanda de agua, cuenca del río Calima 2022. CVC. https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2024-01/BALANCE%20Calima_2022.pdf

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2024). El Niño tiene al Valle del Cauca con déficit de lluvias (Boletín de prensa 010-2024). CVC. https://cvc.gov.co/boletin-prensa-010-2024

Defensoría del Pueblo de Colombia. (2023, diciembre 16). Habitantes de Juradó, Chocó, están confinados debido a enfrentamientos entre el ELN y las AGC. https://www.defensoria.gov.co/en/-/habitantes-de-jurad%C3%B3-choc%C3%B3-est%C3%A1n-confinados-debido-a-enfrentamientos-entre-el-eln-y-las-agc-clan-del-golfo-

Defensoría del Pueblo y Asociación de Bancos de Alimentos de Colombia (ABACO). (2024). Desnutrición en la primera infancia: análisis multicausal, perspectivas y desafíos. Defensoría del Pueblo.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). Necesidades básicas insatisfechas (NBI): Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. DANE. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). Necesidades básicas insatisfechas (NBI): Censo Nacional de Población y Vivienda 2018. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/necesidades-basicas-insatisfechas-nbi

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2025). Pobreza monetaria en Colombia: resultados 2024 [Boletín técnico]. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-monetaria

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2025). Pobreza multidimensional en Colombia: año 2024 [Boletín técnico]. https://www.dane.gov.co/files/operaciones/PM/bol-PMultidimensional-2024.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2026, 21 de mayo). Escala de experiencia de inseguridad alimentaria (FIES): resultados 2025 [Boletín técnico]. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/escala-de-experiencia-de-inseguridad-alimentaria-fies

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2025). Encuesta Nacional Logística 2024. DNP.

Departamento Nacional de Planeación. (2024). La logística del país avanza impulsada por las regiones: menores costos y la logística verde se destacan en la ENL 2024 [Comunicado de prensa]. https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/La-logistica-del-pais-avanza-impulsada-por-regiones-menores-costos-encuesta-nacional-logistica.aspx

Ecoglobal Expeditions. (s.f.). Guapi y Gorgona: saberes y sabores de mar y río. https://ecoglobalexpeditions.com/en/guapi-and-gorgona-knowledge-and-flavors-of-the-sea-and-river/

EcuRed. (s.f.). Río Baudó. https://www.ecured.cu/R%C3%ADo_Baud%C3%B3

El Espectador. (2019). Guapi e Iscuandé, dos caras de la misma moneda. El Espectador. https://colombia2020.elespectador.com/territorio/guapi-e-iscuande-dos-caras-de-la-misma-moneda

El Espectador. (2021, junio 6). De Bojayá a Murindó, la arteria de la guerra. El Espectador. https://www.elespectador.com/colombia-20/conflicto/de-bojaya-a-murindo-la-arteria-de-la-guerra-article/

El Espectador. (2021a, noviembre 9). El terror que viven los pobladores del Alto Baudó en Chocó. El Espectador. https://www.elespectador.com/colombia-20/conflicto/el-terror-que-viven-los-pobladores-del-alto-baudo-en-choco-article/

El Espectador. (2021b). Anchicayá: sin pescado y sin indemnización. El Espectador. https://www.elespectador.com/judicial/anchicaya-sin-pescado-y-sin-indemnizacion-article-298539/

El Espectador. (2022, diciembre 7). Confinamientos en Alto Baudó: la vida de las comunidades rurales se deteriora. El Espectador. https://www.elespectador.com/colombia-20/conflicto/confinamientos-en-alto-baudo-la-vida-de-las-comunidades-rurales-se-deteriora-choco-conflicto-armado/

El País. (2024, junio 16). Fuertes lluvias causan emergencia en Juradó, Chocó; el municipio se encuentra bajo el agua. El País. https://www.elpais.com.co/colombia/fuertes-lluvias-causan-emergencia-en-jurado-choco-el-municipio-se-encuentra-bajo-el-agua-1516.html

El Tiempo. (2024, 21 de octubre). Oportunidades y desafíos que esconde el Chocó Biogeográfico. https://www.eltiempo.com/mas-contenido/oportunidades-y-desafios-que-esconde-el-choco-biogeografico-3391880

France24. (2022, diciembre 8). La paz que urge para las comunidades indígenas y afro del Chocó, en Colombia [Reportaje En Foco]. France24. https://www.france24.com/es/programas/en-foco/20221208-la-paz-que-urge-para-las-comunidades-ind%C3%ADgenas-y-afro-del-choc%C3%B3-en-colombia

Fundación Aquae. (2022, septiembre 21). El Niño: un fenómeno devastador. Fundación Aquae. https://www.fundacionaquae.org/wiki/el-nino-un-fenomeno-devastador/

Fundación iO. (2024). Dengue en Colombia: 243.538 casos y 106 muertes. https://fundacionio.com

Fundación Razón Pública. (2023). Desnutrición en Colombia. https://razonpublica.com/desnutricion-en-colombia/

Grubaugh, N. D., Torres-Hernández, D., Murillo-Ortiz, M. A., Dávalos, D. M., Lopez, P., Hurtado, I. C., Breban, M. I., Bourgikos, E., Hill, V., y López-Medina, E. (2024). Dengue outbreak caused by multiple virus serotypes and lineages, Colombia, 2023–2024. Emerging Infectious Diseases, 30(11), 2391–2395. https://doi.org/10.3201/eid3011.241031

Inspección Fluvial de Riosucio. (2021, abril 7). Tarifas vigentes para pasajes fluviales [Comunicado informativo]. Notiriosucio. https://www.notiriosucio.com/2021/04/tarifas-vigentes-para-pasajes-fluviales/

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2024). Mesas públicas 2024: Centro Zonal Tierralta [Presentación]. ICBF. https://www.icbf.gov.co/system/files/ok_ppt_mesas_publicas_2024_1_-cz_tierralta.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2026). Ideam y Minambiente alertan de 90% de probabilidad de llegada del fenómeno de El Niño para septiembre de 2026 [Comunicado de prensa]. https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2024). Seguimiento al ciclo ENOS: El Niño – Oscilación del Sur (Boletín No. 190).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (s. f.). Ideam reporta reducción histórica en los caudales del río Amazonas [Sala de prensa]. Recuperado el 11 de junio de 2026, de https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/noticia/ideam-reporta-reduccion-historica-en-los-caudales-del-rio-amazonas

Instituto Nacional de Salud (INS). (2024). Informe de evento Malaria 2024. INS.

Instituto Nacional de Salud. (2025). Boletín epidemiológico semanal: semana epidemiológica 11 de 2025. https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/BoletinEpidemiologico/2025_Boletin_epidemiologico_semana_11.pdf

Instituto Nacional de Salud. (2026). Boletín epidemiológico semanal: semana epidemiológica 10 de 2026. https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/2026-boletin-epidemiologico-semana-10.pdf

La Cola de Rata. (2020). Enfermarse en el río San Juan. https://lacoladerata.co/ojoalacorrupcion/choco/enfermar.php

La Silla Vacía. (2023, septiembre 20). ¡El doble! El alto costo de la gasolina paraliza todo en el Pacífico. La Silla Vacía. https://www.lasillavacia.com/red-de-expertos/red-social/el-doble-el-alto-costo-de-la-gasolina-paraliza-todo-en-el-pacifico/

Ministerio de Salud y Protección Social. (2019). Informe Nacional de la Calidad del Agua para Consumo Humano (INCA) 2017. MSPS. https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/calidad-del-agua-inca-2017.pdf

Ministerio de Transporte de Colombia. (2024, enero 27). $2,03 billones es el compromiso inicial del sector transporte para el Pacífico. Mintransporte. https://mintransporte.gov.co/publicaciones/11581/203-billones-es-el-compromiso-inicial-del-sector-transporte-para-el-pacifico

Notiriosucio. (2020a, septiembre 30). El pasaje cuesta el doble pero las pangas las llenan en el camino. Notiriosucio. https://www.notiriosucio.com/2020/09/el-pasaje-cuesta-el-doble-pero-las-pangas-las-llenan-en-el-camino-denuncian-pasajeros-del-transporte-fluvial-en-el-atrato/

Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios – OCHA. (2023). Colombia: Plan de acciones anticipatorias, preparación y respuesta – EHP – Fenómeno de El Niño (noviembre 2023). OCHA. https://www.unocha.org/publications/report/colombia

Oficina de las Naciones Unidas para la Coordinación de Asuntos Humanitarios - OCHA. (2024). Efectos y consecuencias humanitarias del fenómeno de El Niño en América Latina y el Caribe 2023/2024. OCHA. https://www.unocha.org/publications/report/world/efectos-y-consecuencias-humanitarias-del-fenomeno-de-el-nino-en-america-latina-y-el-caribe-20232024

Oficina para la Coordinación de Asuntos Humanitarios [OCHA]. (2009, febrero 20). Colombia: situación humanitaria por inundación del río Mira, Tumaco, Nariño. OCHA. https://www.unocha.org/publications/report/colombia/colombia-situaci%C3%B3n-humanitaria-por-inundaci%C3%B3n-del-r%C3%ADo-mira-tumaco-nari%C3%B1o-feb-20-de

Olivera, M. J., Porras-Villamil, J. F., y Fuentes, M. V. (2025). Brotes e incidencia de enfermedades transmitidas por vectores en Colombia (2007–2024): impacto del cambio climático y la deforestación. Biomédica, 45(Supl. 2). https://doi.org/10.7705/biomedica.7897

ONU Mujeres. (2024). En la costa pacífica de Colombia, guardianas del manglar siembran semillas de cambio. https://www.unwomen.org/es

Park, R. J., Goodman, J., Hurwitz, M., y Smith, J. (2020). Heat and Learning. American Economic Journal: Economic Policy, 12(2), 306–339. https://doi.org/10.1257/pol.20180612

Peñuela, A., Díaz, C., & Vargas, R. (2025). Modelación hidrológica y ajuste de caudales ambientales en la cuenca del río Calima bajo escenarios ENOS. Universidad del Valle / CVC.

Peñuela, G. A., Vélez, F., Velásquez, S., Molina, R., & Aguirre, N. J. (2025). Parámetros morfométricos y estado limnológico del embalse Calima, Valle del Cauca, Colombia. Ingeniería y Competitividad, 27(2), e20914771. https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/14771

Plan B Viajero. (s.f.). Guía para cruzar la frontera de Colombia a Panamá. https://planbviajero.com/cruzar-de-colombia-a-panama/

Portal Mochilero. (2023, agosto 8). Cómo cruzar de Colombia a Panamá en modo económico y aventurero. https://www.portalmochilero.com/como-cruzar-de-colombia-a-panama-en-modo-economico-y-aventurero/

Poveda, G. (1998). Retroalimentación dinámica entre el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur y la hidrología de Colombia [tesis doctoral]. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Poveda, G. (2004). La hidroclimatología de Colombia: una síntesis desde la escala interdecadal hasta la escala diurna. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 28(107), 201–222.

Pressenza. (2026, marzo 15). Caso Anchicayá: injusticias ambientales y derechos. Pressenza. https://www.pressenza.com/es/2026/03/caso-anchicaya-injusticias-ambientales-y-derechos/

Proclama del Cauca y Pacífico. (2023, 14 de junio). Acueducto con agua de calidad será una realidad en Timbiquí. https://www.proclamadelpacifico.com/acueducto-con-agua-de-calidad-sera-una-realidad-en-timbiqui/

Procuraduría General de la Nación. (2024). Desnutrición infantil en Colombia cobra 149 vidas en 2024: Guajira, Chocó y Antioquia, las regiones más afectadas. https://www.procuraduria.gov.co/Pages/desnutricion-infantil-colombia-cobra-149-vidas-2024-guajira-choco-y-antioquia-regiones-mas-afectadas.aspx

Programa Mundial de Alimentos. (2023). La inseguridad alimentaria moderada y severa en Colombia alcanza el 30% [Comunicado de prensa]. Naciones Unidas en Colombia. https://colombia.un.org/es/219845-comunicado-de-prensa-sobre-inseguridad-alimentaria

Rosales-Rueda, M. (2018). The impact of early life shocks on human capital formation: Evidence from El Niño floods in Ecuador. Journal of Health Economics, 62, 13–44. https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2018.07.003

Salazar-Ceballos, A., y Álvarez-Miño, L. (2025). Incidencia de dengue y su relación con el índice oceánico de El Niño, como variable sensible para anticipar brotes en la región Caribe colombiana. Biomédica, 45(Supl. 2), 56–67. https://doi.org/10.7705/biomedica.7933

Save the Children. (2024). Niñez Wayuu y el impacto de El Niño en Colombia ( 1 millón de niñas, niños y adolescentes afectados a nivel nacional). ReliefWeb.

Semana. (2020, agosto 30). Efectos de la sequía provocada por el fenómeno de El Niño. Semana. https://www.semana.com/nacion/articulo/efectos-de-la-sequia-provocada-por-el-fenomeno-de-el-nino/454759-3/

Semana. (2020, agosto 30). El caso del río Anchicayá, un fallo trascendente para el medio ambiente. Semana. https://www.semana.com/nacion/articulo/el-caso-del-rio-anchicaya-fallo-trascendente-para-medio-ambiente/255991-3/

Serna, L. M., Arias, P. A., & Vieira, S. C. (2018). Las corrientes superficiales de chorro del Chocó y el Caribe durante los eventos de El Niño y El Niño Modoki. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 42(165), 410–421. https://doi.org/10.18257/raccefyn.705

Serraniagua. (s. f.). Cuenca del río San Juan y sus tributarios. Recuperado el 11 de junio de 2026, de https://serraniagua.org/rios-y-comunidades-de-la-serrania/rio-san-juan/

Superintendencia de Transporte de Colombia. (2022). Informe de inspección al transporte fluvial: Chocó. Supertransporte. https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2022/Julio/Puertos_05/12.Choco.pdf

The Social Water. (s.f.). Piloto Atrato Medio, Colombia. The Social Water. https://thesocialwater.org/project/piloto-atrato-medio-colombia/

Todacolombia.com. (s.f.). Transporte Cauca: medios de transporte del departamento del Cauca. https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cauca/transporte.html

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2023). Plan nacional de gestión ante el fenómeno El Niño. UNGRD. https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/PLAN-NACIONAL-DE-GESTION-ANTE-EL-FENOMENO-El-Nino.pdf

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (s. f.). DesInventar – Inventario de efectos de desastres en Colombia [base de datos]. Consolidado de eventos 2014–2024 del Chocó Biogeográfico, contrastado con anomalías anuales de precipitación frente a la climatología 2000–2025 por régimen hidroclimático.

Unidad para las Víctimas. (2025, junio 13). Más de 4 mil víctimas de desplazamiento forzado y confinamiento en el Chocó reciben 92

toneladas de ayuda humanitaria. Unidad para las Víctimas. https://www.unidadvictimas.gov.co/4-mil-victimas-desplazamiento-forzado-y-confinamiento-choco-reciben-92-toneladas-ayuda-humanitaria/

WWF Colombia. (2020). El Chocó biogeográfico colombiano apuesta por la sostenibilidad. https://www.wwf.org.co/

Zona Docs. (2022, julio 4). Timbiquí: el derecho a la esperanza. Zona Docs. https://www.zonadocs.mx/2022/07/04/timbiqui-el-derecho-a-la-esperanza/

Castellanos-Galindo, G. A., Krumme, U., Rubio, E. A., & Saint-Paul, U. (2021). Structural parameters of Pacific mangroves under climatic anomalies. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 255, 107350. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107350

García, J., & Rentería, M. (2018). Dinámica de los incendios de cobertura vegetal en el Chocó y su relación con las fases del ENOS [Tesis de maestría, Universidad del Pacífico].

Glynn, P. W., Mate, J. L., Baker, A. C., & Calderón, M. O. (2001). Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997–98 El Niño–Southern Oscillation event: Spatial/temporal patterns and comparisons with the 1982–83 event. Bulletin of Marine Science, 69(1), 111–132.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2014). Caracterización de los eventos de El Niño y La Niña y su incidencia en el clima de Colombia. IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2026). Registros diarios de precipitación de 61 estaciones, periodo 2000–2025: Regionalización Norte, Centro y Sur, Chocó Biogeográfico [Base de datos]. IDEAM-DHIME.

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. (2016). Efectos del evento El Niño 2015–2016 sobre las dinámicas socioecológicas en las cuencas del Chocó Biogeográfico. IIAP.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (2017). Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia: Año 2016. INVEMAR.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. (2020). Estrategias de monitoreo de los bosques de manglar de Colombia ante el cambio climático. INVEMAR.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Análisis de lecciones aprendidas El Niño 2018–2019. MADS.

National Oceanic and Atmospheric Administration, Climate Prediction Center. (2026). Oceanic Niño Index (ONI): Serie histórica 2000–2026. NOAA/CPC. https://www.cpc.ncep.noaa.gov

Prahl, H. von. (1985). Compilación sobre los arrecifes coralinos de la isla de Gorgona con notas sobre el Niño 1982–1983. Anales del Instituto de Investigaciones Pesqueras, 15, 31–39.

Rangel-Ch., J. O., & Arellano-P., H. (2004). Clima del Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica de Colombia. En J. O. Rangel-Ch. (Ed.), Colombia diversidad biótica IV: El Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica (pp. 39–82). Universidad Nacional de Colombia.

Restrepo (2006), Aporte de caudales de los ríos Baudó, San Juan, Patía y Mira a la cuenca Pacífica colombiana.

Rojas Pérez, L. X., & García Orrego, D. A. (2015). Estudio de la tendencia de los caudales en los ríos Atrato y San Juan en el departamento del Chocó [Trabajo de grado, Universidad La Gran Colombia]. Repositorio Institucional Universidad La Gran Colombia.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). Plan nacional de gestión ante el fenómeno El Niño. UNGRD.

Vargas-Ángel, B., Zapata, F. A., Hernández, H., & Jiménez, J. M. (2001). Coral and coral reef responses to the 1997–98 El Niño event on the Pacific coast of Colombia. Bulletin of Marine Science, 69(1), 111–132.

Zapata, F. A. (2017). Coral reefs of the Pacific coast of Colombia. En P. W. Glynn, D. P. Manzello, & I. C. Enochs (Eds.), Coral reefs of the eastern tropical Pacific: Persistence and loss in a dynamic environment (pp. 311–338). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_10

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rangel-Ch., O., & Arellano-P., H. (2004). Clima del Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica de Colombia. En J. O. Rangel-Ch. (Ed.), *Diversidad Biótica IV. El Chocó Biogeográfico/Costa Pacífica* (pp. 39–82). Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Plataforma DHIME. Registros diarios de precipitación de estaciones meteorológicas utilizados para la construcción de la línea base climática, climatología mensual, anomalías de precipitación e indicadores CDD y CWD.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Informes de predicción climática y escenarios disponibles para el seguimiento hidroclimático de 2026.

National Oceanic and Atmospheric Administration / Climate Prediction Center – NOAA/CPC. Oceanic Niño Index (ONI). Serie utilizada para la identificación de periodos cálidos, fríos y neutrales del ENOS.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS. Documentos técnicos y lecciones aprendidas asociadas al fenómeno El Niño y sus efectos ambientales y territoriales en Colombia.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD. Plan Nacional de Gestión ante el Fenómeno El Niño y lineamientos institucionales para preparación, monitoreo y respuesta.

Reportes institucionales, territoriales y periodísticos consultados sobre inundaciones, crecientes, incendios de cobertura vegetal, afectaciones productivas, calidad del agua y sistemas sensibles en el Chocó Biogeográfico.

Departamento Nacional de Planeación. Consejo Nacional de Política Económica y Social 1997. CONPES 2948 de 1997. Plan de acción para la prevención y mitigación de los efectos del fenómeno El Niño 1997-1998

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. 2025. Línea base sobre la evaluación de cargas contaminantes en fuentes hídricas del Chocó Biogeográfico. Documento técnico.

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2023. Plan Nacional de Gestión ante el Fenómeno "El Niño". Bogotá, octubre de 2023.

Vargas, L. (2012). Análisis de los impactos generados por la minería de oro y platino a cielo abierto sobre los recursos hídricos a partir de la cuantificación del consumo de agua y la carga contaminante de los vertimientos. Revista Bioetnia, 9(2), 203–214. https://doi.org/10.51641/bioetnia.v9i2.91

Serraniagua Paraguas de Vida (2026). Sitio web. https://serraniagua.org/rios-y-comunidades-de-la-serrania/rio-san-juan/

Velásquez-Restrepo, S. M., & Poveda, G. (2019). Estimación del balance hídrico de la región Pacífica Colombiana. DYNA, 86(208), 297–306. https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72853

Adaptado de Balance Oferta–Demanda de Agua, Cuenca del Río Dagua, 2022, Dirección Técnica Ambiental – Grupo de Recursos Hídricos, CVC (2022).

## Capítulo 3. análisis de los efectos potenciales del fenómeno de el niño 2026 en los ecosistemas y la biodiversidad del Chocó Biogeográfico

Ahmad, S. (1995). Oxidative Stress and Antioxidant Defenses in Biology. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9689-9

Allen, C. D., Macalady, A. K., Chenchouni, H., Bachelet, D., McDowell, N. G., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D. D., Hogg, E. H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhang, Z., Castro, J., Demidova, N., Lim, J. H., Allard, G., Running, S. W., Semerci, A., & Cobb, N. S. (2010). A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests. Forest Ecology and Management, 259(4), 660–684. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.001

Alongi, D. M. (2008). Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 76(1), 1–13.

Alvarado, J., Banks, S., Cortés, J., Feingold, J., Jiménez, C., Maragos, J., Martínez, P., Maté, J., Moanga, D., Navarrete, S., Reyes-Bonilla, H., Riegl, B., Rivera, F., Vargas-Ángel, B., Wieters, E., & Zapata, F. (2016). Eastern Pacific Coral Reef Provinces, Coral Community Structure and Composition: An Overview. 107-176. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_5

Alvarado, J., Sánchez-Noguera, C., Arias-Godínez, G., Araya, T., Fernández-García, C., & Guzmán, A. (2020). Impact of El Niño 2015-2016 on the coral reefs of the Pacific of Costa Rica: the potential role of marine protection. Revista de Biología Tropical, 68. https://doi.org/10.15517/rbt.v68is1.41190

Alvarez-Filip, L., Carricart-Ganivet, J., Horta-Puga, G., & Iglesias-Prieto, R. (2013). Shifts in coral-assemblage composition do not ensure persistence of reef functionality. Scientific Reports, 3. https://doi.org/10.1038/srep03486

Amario, M., Villela, L. B., Jardim-Messeder, D., Silva-Lima, A. W., Rosado, P., De Moura, R. L., Sachetto-Martins, G., Chaloub, R. M., & Salomon, P. (2023). Physiological response of Symbiodiniaceae to thermal stress: Reactive oxygen species, photosynthesis, and relative cell size. PLOS ONE, 18. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284717

Anaya, J., Gutiérrez-Vélez, V., Pacheco-Pascagaza, A. M., Palomino-Ángel, S., Han, N., & Balzter, H. (2020). Drivers of Forest Loss in a Megadiverse Hotspot on the Pacific Coast of Colombia. Remote Sensing, 12, 1235. https://doi.org/10.3390/rs12081235

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological Monographs, 81(2), 169-193. https://doi.org/10.1890/10-1510.1

Bascompte, J., & Jordano, P. (2007). Plant–animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 38, 567–593. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818

Bellwood, D. R., Hughes, T. P., Folke, C., & Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. Nature, 429, 827-833. https://doi.org/10.1038/nature02691

Beltrán-León, B. S. (2002). Changes in the distribution, abundance and spawning season of the anchovy Cetengraulis mysticetus in the Pacific Ocean off Colombia during the events of El Niño and La Niña. Investigaciones Marinas, 30(1), 106–107.

Bennett, A., De Sousa, T. R., Monteagudo-Mendoza, A., Esquível-Muelbert, A., Morandi, P., De Souza, C. F., Castro, W., Duque, L., Llampazo, F. G., Santos, R. M. D., Ramos, E., Torre, E. V., Alvarez-Davila, E., Baker, T. R., Costa, F., Lewis, S. L., Marimon, B., Schietti, J., Burban, B., . . . Phillips, O. (2023). Sensitivity of South American tropical forests to an extreme climate anomaly. Nature Climate Change, 13, 967-974. https://doi.org/10.1038/s41558-023-01776-4

Bertoncin, A. P. D. S., Tramonte, R. P., Pinha, G. D., Gentilin-Avanci, C., Oliveira, M., & Mormul, R. (2022). On the significance of wetlands: three decades of aquatic macroinvertebrate monitoring programs in a Neotropical floodplain. Acta Limnologica Brasiliensia. https://doi.org/10.1590/s2179-975x4721

Bertrand, A. (2020). El Niño Southern Oscillation (ENSO) effects on fisheries and aquaculture. https://doi.org/10.4060/ca8348en

Bertrand, A., Chaigneau, A., Peraltilla, S., Ledesma, J., Graco, M., Monetti, F., & Chávez, F. P. (2020). Oxygen: A fundamental property regulating pelagic ecosystem structure in the coastal southeastern tropical Pacific. PLoS ONE, 15(11), e0242194. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242194

Björk, M., Short, F., Mcleod, E., & Beer, S. (2008). Managing seagrasses for resilience to climate change. IUCN.

Blaber, S. J. M. (2000). Tropical estuarine fishes: Ecology, exploitation and conservation. Blackwell Science.

Blanco-Libreros, J., López-Rodríguez, S. R., Valencia-Palacios, A. M., Perez-Vega, G. F., & Álvarez-León, R. (2022). Mangroves From Rainy to Desert Climates: Baseline Data to Assess Future

Bolívar-Anillo, H., Asensio-Montesinos, F., Almeida, G. R., Llanos, N. S., Sánchez Moreno, H., Orozco-Sánchez, C., Villate Daza, D. A., Iglesias-Navas, M. A., & Anfuso, G. (2023). Litter Content of Colombian Beaches and Mangrove Forests: Results from the Caribbean and Pacific Coasts. Journal of Marine Science and Engineering.

ongaerts, P., Cooke, I., Ying, H., Wels, D., Haan, D. S., Hernández-Agreda, A., Brunner, C. A., Dove, S., Englebert, N., Eyal, G., Forêt, S., Grinblat, M., Hay, K., Harii, S., Hayward, D., Lin, Y., Mihaljević, M., Moya, A., Muir, P., . . . Hoegh-Guldberg, O. (2021). Morphological stasis masks ecologically divergent coral species on tropical reefs. Current Biology. https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.03.028

Browne, L., Markesteijn, L., Engelbrecht, B. M. J., Jones, F. A., Lewis, O. T., Manzané-Pinzón, E., Wright, S., & Comita, L. (2021). Increased mortality of tropical tree seedlings during the extreme 2015-16 El Niño. Global Change Biology, 27, 5043-5053. https://doi.org/10.1111/gcb.15809

Bruijnzeel, L. A., Scatena, F. N., & Hamilton, L. S. (Eds.). (2011). Tropical montane cloud forests: Science for conservation and management. Cambridge University Press.

Buitrago, P. V., & De Pellegrin Llorente, I. (2025). A systematic review of ecosystem services in the Rabanal páramo (Colombia). Integrated Environmental Assessment and Management, 21, 485-495. https://doi.org/10.1093/inteam/vjae029

Buytaert, W., Célleri, R., De Bièvre, B., Cisneros, F., Wyseure, G., Deckers, J., & Hofstede, R. (2006). Human impact on the hydrology of the Andean páramos. Earth-Science Reviews, 79(1–2), 53–72.

Buytaert, W., Cuesta-Camacho, F., & Tobón, C. (2011). Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions. Global Ecology and Biogeography, 20(1), 19–33.

Camacho, A. E., Dana, D. A., & Matz, M. V. (2026). Coral species from another ocean may be the only way to save Caribbean reefs. Proceedings of the National Academy of Sciences, 123. https://doi.org/10.1073/pnas.2521543123

Castellanos-Galindo, G., Cantera, J., Valencia, N., Giraldo, S., Peña, E., Kluger, L., & Wolff, M. (2017). Modeling trophic flows in the wettest mangroves of the world: the case of Bahía Málaga in the Colombian Pacific coast. Hydrobiologia, 803, 13-27. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3300-6

Cerón, W. L., Kayano, M. T., Andreoli, R., Avila, A., Canchala, T., Francés, F., Rivera, I. A., Alfonso-Morales, W., De Souza, R. F. A., & Carvajal-Escobar, Y. (2020). Streamflow Intensification Driven by the Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) in the Atrato River Basin, Northwestern Colombia. Water, 12, 216. https://doi.org/10.3390/w12010216

Chandrasekaran, N., & Lakshmi, R. (2026). Coral Bleaching And Thermal Tolerance: A Review Of Oxidative Stress And Symbiont Shuffling. IOSR Journal of Humanities and Social Science. https://doi.org/10.9790/0837-3101045258

Chaparro, A. A., Sánchez-Valencia, L., Gómez-López, D., Gónzalez-Corredor, J. D., & Navas-Camacho, R. (2022). Biomasa de pastos marinos y su rol como sumideros de carbono en las localidades de la isla de San Andrés y La Guajira, Caribe colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2022.51.1.1020

Choat, B., Brodribb, T. J., Brodersen, C. R., Duursma, R. A., López, R., & Medlyn, B. E. (2018). Triggers of tree mortality under drought. Nature, 558, 531–539.

Cochrane, M. A. (2003). Fire science for rainforests. Nature, 421, 913–919.

CODECHOCÓ, & Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). (2014). Informe técnico sobre los incendios forestales ocurridos en el Distrito Regional de Manejo Integrado Lago Azul-Los Manatíes, Unguía, Chocó.

CODECHOCÓ. (2008). Plan de manejo de los complejos de humedales del departamento del Chocó. Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó.

Collier, C., Waycott, M., & McKenzie, L. (2012). Light thresholds derived from seagrass loss in the coastal zone of the northern Great Barrier Reef, Australia. Ecological Indicators, 23, 211-219. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.005

Connelly, M. T., Glynn, V. M., Cornejo, A. J., Villalobos-Cubero, T., Kleypas, J., Alvarado, J. J., Brandt, M., Logan, C., Palacio-Castro, A., Flot, J., Leray, M., Connolly, S. R., & Quattrini, A. (2025). Genome Skimming Illuminates Hidden Species Diversity and Symbiodiniaceae Associations in East Pacific Pocillopora Corals. Genome Biology and Evolution, 18. https://doi.org/10.1093/gbe/evaf235

Corpourabá. (2020). Informe técnico sobre el incendio ocurrido en el Distrito Regional de Manejo Integrado Ensenada de Rionegro, Necoclí, Antioquia.

Cubillos, M. C. G., Guerra, C. A. D., Mendoza, N. A. L., & Zea, S. (2025). Status of the coral formations of Bajo Nuevo Reef Complex, Western Caribbean, Colombia. Revista de Biología Tropical. https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v73i1.57590

Cuesta, F., Llambí, L. D., Huggel, C., Drenkhan, F., Gosling, W. D., Muriel, P., Jaramillo, R., Tovar, C., et al. (2019). New land in the Neotropics: A review of biophysical and ecological consequences of glacier retreat. Earth-Science Reviews, 187, 157–169.

De Frenne, P., Zellweger, F., Rodríguez-Sánchez, F., Scheffers, B. R., Hylander, K., Luoto, M., Vellend, M., Verheyen, K., & Lenoir, J. (2019). Global buffering of temperatures under forest canopies. Nature Ecology & Evolution, 3, 744–749.

Defler, T. R. (2010). Historia natural de los primates colombianos (2.ª ed.). Universidad Nacional de Colombia.

Devantier, L., & Turak, E. (2017). Species Richness and Relative Abundance of Reef-Building Corals in the Indo-West Pacific. Diversity, 9, 25. https://doi.org/10.3390/d9030025

Devantier, L., Turak, E., & Szava-Kovats, R. (2020). Species Richness and Abundance of Reef-Building Corals in the Indo-West Pacific: The Local-Regional Relation Revisited. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00487

Diario El País. (2021, 24 de agosto). Alerta roja en el Valle del Cauca por incendios forestales en Dagua, La Cumbre, Yumbo y Vijes durante temporada seca. Sección Región / Valle. Santiago de Cali, Colombia.

Dias, R. M., Silva, J. C. B., Gomes, L., & Agostinho, A. (2017). Effects of macrophyte complexity and hydrometric level on fish assemblages in a Neotropical floodplain. Environmental Biology of Fishes, 100, 703-716. https://doi.org/10.1007/s10641-017-0597-y

Díaz, J. M., Barrios, L. M., Cendales, M. H., Garzón-Ferreira, J., Geister, J., López-Victoria, M., Ospina, G. H., Parra-Velandia, F., Pinzón, J., Vargas-Ángel, B., Zapata, F. A., & Zea, S. (2003). Las praderas de pastos marinos en Colombia: estructura y distribución de un ecosistema estratégico. Serie de Publicaciones Especiales No. 10. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Díaz, J. M., Zapata, F. A., Vargas-Ángel, B., Garzón-Ferreira, J., & Zea, S. (2000). Áreas coralinas de Colombia. Serie de Publicaciones Especiales No. 5. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Díaz-Ochoa, J. A. (2003). Efecto de la precipitación, el caudal de los ríos y los ciclos El Niño–Oscilación del Sur sobre la abundancia del camarón blanco (Litopenaeus occidentalis) en el Pacífico colombiano (Tesis de maestría). Universidad de Concepción, Chile.

Díaz-Ochoa, J. A., & Quiñones, R. A. (2008). Relationship of precipitation, freshwater input, and sea level height with the abundance of the white shrimp (Litopenaeus occidentalis) off Buenaventura, eastern tropical Pacific. Fisheries Research, 92(2–3), 148–158. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.01.014

Dietzel, A., Bode, M., Connolly, S., & Hughes, T. (2021). Author Correction: The population sizes and global extinction risk of reef-building coral species at biogeographic scales. Nature Ecology & Evolution, 5, 700. https://doi.org/10.1038/s41559-021-01441-z

Dietzel, A., Bode, M., Connolly, S., & Hughes, T. (2021). The population sizes and global extinction risk of reef-building coral species at biogeographic scales. Nature Ecology & Evolution, 5, 663-669. https://doi.org/10.1038/s41559-021-01393-4

Donato, D. C., Kauffman, J. B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M., & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. Nature Geoscience, 4, 293-297.

Duarte, C., Marbà, N., & Santos, R. (2004). What may cause loss of seagrasses. En J. Borum, C. M. Duarte, D. Krause-Jensen, & T. M. Greve (Eds.), European seagrasses: an introduction to monitoring and management (pp. 24-32).

Duarte, G. A. S., Villela, H., Deocleciano, M., Silva, D., Barno, A. R., Cardoso, P. M., Vilela, C., Rosado, P., Messias, C. S. M. A., Chacon, M., Santoro, E., Olmedo, D. B., Szpilman, M., Rocha, L., Sweet, M., & Peixoto, R. (2020). Heat Waves Are a Major Threat to Turbid Coral Reefs in Brazil. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00179

Eakin, C. M., Liu, G., Cour, J., Geiger, E., Skirving, W., Gomez, A., Marsh, B., Heron, S., Tirak, K., & Devotta, D. (2018). Use of NOAA Coral Reef Watch Ecoforecasts by Resource Managers During the 2014-2017 Global Coral Bleaching Event. https://doi.org/10.1002/essoar.10500255.1

Edgar, G. J., Banks, S., Fariña, J. M., Calvopiña, M., & Martínez, C. (2011). Regional biogeography of shallow reef fish and macroinvertebrate communities in the Eastern Tropical Pacific. Journal of Biogeography.

Edmunds, P. J., Nozawa, Y., & Villanueva, R. D. (2014). Refuges modulate coral recruitment in the Caribbean and Pacific. Marine Ecology Progress Series.

Erftemeijer, P. L. A., Riegl, B., Hoeksema, B. W., & Todd, P. A. (2012). Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: A review. Marine Pollution Bulletin, 64(9), 1737–1765. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.008

Estrada-Saldívar, N., Jordán-Dalhgren, E., Rodríguez-Martínez, R., Perry, C., & Álvarez-Filip, L. (2019). Functional consequences of the long-term decline of reef-building corals in the Caribbean: evidence of across-reef functional convergence. Royal Society Open Science, 6. https://doi.org/10.1098/rsos.190298

Fabricius, K. E. (2005). Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs. Marine Pollution Bulletin, 50(2), 125–146. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.028

Fagua, J., & Ramsey, R. (2019). Geospatial modeling of land cover change in the Chocó-Darien global ecoregion of South America; One of most biodiverse and rainy areas in the world. PLoS ONE, 14. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211324

Fagua, J., Jantz, P., Burns, P., Massey, R., Buitrago, J. Y., Saatchi, S., Hakkenberg, C., & Goetz, S. (2021). Mapping tree diversity in the tropical forest region of Chocó-Colombia. Environmental Research Letters, 16. https://doi.org/10.1088/1748-9326/abf58a

FAO. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ferrario, F., Beck, M. W., Storlazzi, C. D., Micheli, F., Shepard, C. C., & Airoldi, L. (2014). The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. Nature Communications, 5, 3794. https://doi.org/10.1038/ncomms4794

Ferreira, J. G., & Pinzón, H. (2016). Evaluación rápida de estructura y salud de las formaciones coralinas de la Isla de Malpelo (Pacífico colombiano). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 28, 137-154. https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.1999.28.0.324

Flood, P., Loftus, W., & Trexler, J. (2022). Fishes in a seasonally pulsed wetland show spatiotemporal shifts in diet and trophic niche but not shifts in trophic position. Food Webs. https://doi.org/10.1016/j.fooweb.2022.e00265

Flórez-Leiva, L., Garzón-Ferreira, J., & Rodríguez-Ramírez, A. (2014). Estado de los arrecifes coralinos del Caribe colombiano. En Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia. INVEMAR.

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 35, 557–581.

Forrest, J. R. K. (2015). Plant–pollinator interactions and phenological change: What can we learn about climate impacts from experiments and observations? Oikos, 124(1), 4–13.

Freeman, B. G., Scholer, M. N., Ruiz-Gutierrez, V., & Fitzpatrick, J. W. (2018). Climate change causes upslope shifts and mountaintop extirpations in a tropical bird community. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(47), 11982–11987.

Galetti, M., Guevara, R., Côrtes, M. C., et al. (2013). Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. Science, 340(6136), 1086–1090. https://doi.org/10.1126/science.1233774

Gallego-Sánchez, D. V., Cantera-Kintz, J., & Londoño-Cruz, E. (2025). New Contributions to the Euthyneura Biodiversity of Colombia's Pacific and Caribbean Coasts. Diversity. https://doi.org/10.3390/d17030207

García-Urueña, R., & Garzón-Machado, M. (2020). Current status of Acropora palmata and Acropora cervicornis in the Colombian Caribbean: demography, coral cover and condition assessment. Hydrobiologia, 847, 2141-2153. https://doi.org/10.1007/s10750-020-04238-6

Garzón-Ferreira, J., & Díaz, J. M. (2003). The Caribbean coral reefs of Colombia. 275-301. https://doi.org/10.1016/b978-044451388-5/50013-8

Garzón-Ferreira, J., & Pinzón, J. (1999). Evaluación del blanqueamiento coralino en Colombia. En Programa Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia (SIMAC). INVEMAR.

Garzón-Ferreira, J., & Rodríguez-Ramírez, A. (2000). Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. En Informe del Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia 2000. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Gil-Agudelo, D. L. (2009). Enfermedades coralinas en el Caribe colombiano. En Estado de los arrecifes coralinos en Colombia. INVEMAR.

Glynn, P. W. (1984). Widespread coral mortality and the 1982–83 El Niño warming event. Environmental Conservation, 11, 133–146.

Glynn, P. W., & Ault, J. S. (2000). A biogeographic analysis and review of the far eastern Pacific coral reef region. Coral Reefs, 19, 1–23.

Glynn, P. W., & D'Croz, L. (1990). Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño-coincident coral mortality. Coral Reefs, 8, 181–191.

Glynn, P. W., Manzello, D. P., & Enochs, I. C. (Eds.). (2021). Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment. Springer.

Glynn, P., Manzello, D., & Enochs, I. (2016). Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment. Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4

Gobernación de Antioquia. (2015). Reporte de incendios forestales en el Distrito Regional de Manejo Integrado Ensenada de Rionegro, Necoclí.

Gomes, L., Bulla, C. K., Agostinho, A., Vasconcelos, L. P., & Miranda, L. (2012). Fish assemblage dynamics in a Neotropical floodplain relative to aquatic macrophytes and the homogenizing effect of a flood pulse. Hydrobiologia, 685, 97-107. https://doi.org/10.1007/s10750-011-0870-6

González-Barrios, F., & Álvarez-Filip, L. (2018). A framework for measuring coral species-specific contribution to reef functioning in the Caribbean. Ecological Indicators. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.08.038

González-Barrios, F., Cabral-Tena, R., & Alvarez-Filip, L. (2020). Recovery disparity between coral cover and the physical functionality of reefs with impaired coral assemblages. Global Change Biology, 27, 640-651. https://doi.org/10.1111/gcb.15431

Graham, N. A. J., Wilson, S. K., Jennings, S., Polunin, N. V. C., Bijoux, J. P., & Robinson, J. (2006). Dynamic fragility of oceanic coral reef ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(22), 8425–8429.

Guzmán, H. M., & Cortés, J. (2007). Reef recovery following El Niño disturbances in the eastern Pacific. Revista de Biología Tropical.

Halpern, B. S. (2003). The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? Ecological Applications, 13(1), S117–S137.

Hardwick, S. R., Toumi, R., Pfeifer, M., Turner, E. C., Nilus, R., & Ewers, R. M. (2015). The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: Forest disturbance drives changes in microclimate. Agricultural and Forest Meteorology, 201, 187–195. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.11.010

Harrison, P. L., Babcock, R. C., Bull, G. D., Oliver, J. K., Wallace, C. C., & Willis, B. L. (1984). Mass spawning in tropical reef corals. Science, 223(4641), 1186–1189.

Hirano, T., Kusin, K., Limin, S., & Osaki, M. (2014). Carbon dioxide emissions through oxidative peat decomposition on a burnt tropical peatland. Global Change Biology, 20. https://doi.org/10.1111/gcb.12296

Hochart, C., Paoli, L., Ruscheweyh, H., Salazar, G., Boissin, É., Romac, S., Poulain, J., Bourdin, G., Iwankow, G., Moulin, C., Ziegler, M., Porro, B., Armstrong, E., Hume, B., Aury, J., Pogoreutz, C., Paz-García, D., Nugues, M., Agostini, S., . . . Galand, P. (2023). Ecology of Endozoicomonadaceae in three coral genera across the Pacific Ocean. Nature Communications, 14. https://doi.org/10.1038/s41467-023-38502-9

Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. Marine and Freshwater Research, 50(8), 839–866.

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P. F., Edwards, A. J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C. M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R. H., Dubi, A., & Hatziolos, M. E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. Science, 318(5857), 1737-1742. https://doi.org/10.1126/science.1152509

Hofstede, R., Coppus, R., Mena, P., Segarra, P., Wolf, J., & Sevink, J. (2014). Los páramos del mundo. UICN.

Holmgren, M., Scheffer, M., Ezcurra, E., Gutiérrez, J., & Mohren, G. (2001). El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. Trends in Ecology & Evolution, 16(2), 89-94. https://doi.org/10.1016/s0169-5347(00)02052-8

Hora 13 Noticias. (2014). Mortandad de peces en la ciénaga de Unguía. https://www.h13n.com

Hughes, T. P., Baird, A. H., Bellwood, D. R., Card, M., Connolly, S. R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J. B. C., Kleypas, J., Lough, J. M., Marshall, P., Nyström, M., Palumbi, S. R., Pandolfi, J. M., Rosen, B., & Roughgarden, J. (2003). Climate change, human impacts, and the resilience of coral reefs. Science, 301, 929–933.

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., Babcock, R. C., Beger, M., Bellwood, D. R., Berkelmans, R., Bridge, T. C., Butler, I. R., Byrne, M., Cantin, N. E., Comeau, S., Connolly, S. R., Cumming, G. S., Dalton, S. J., Diaz-Pulido, G., . . . Wilson, S. K. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature, 543, 373-377. https://doi.org/10.1038/nature21707

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, Cancillería, Findeter, & Fondo Adaptación. (2018). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de Colombia.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2017). Ecosistemas de alta montaña en Colombia: Monitoreo, balances hidrológicos y capacidad de regulación del agua ante escenarios de variabilidad climática. Subdirección de Estudios Ambientales.

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). (2008). Caracterización ecológica de los humedales del Medio Atrato. IIAP.

I

nstituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). (2014). Informe técnico sobre la mortandad de peces registrada en la ciénaga de Unguía. IIAP.

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). (2017). Estado ecológico de los humedales del Chocó Biogeográfico. IIAP.

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP). (2021). Monitoreo de incendios y afectaciones sobre humedales y bosques inundables del Chocó Biogeográfico. IIAP.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2016). Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, año 2015. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2017). Estado de los arrecifes coralinos de Colombia.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2021). Atlas de Áreas Coralinas de Colombia.

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2024). Reporte del estado de los arrecifes coralinos y pastos marinos en Colombia (2020–2023).

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2024). The IUCN Red List of Threatened Species. https://www.iucnredlist.org

Invemar. (2013). Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia.

IPCC. (2022). Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009325844

Jackson, J. B. C., Donovan, M. K., Cramer, K. L., & Lam, V. V. (Eds.). (2014). Status and Trends of Caribbean Coral Reefs: 1970–2012. Global Coral Reef Monitoring Network.

Jacob, B., Dolch, T., Wurpts, A., & Staneva, J. (2023). Evaluation of seagrass as a nature-based solution for coastal protection in the German Wadden Sea. Ocean Dynamics, 73, 699-727. https://doi.org/10.1007/s10236-023-01577-5

Janzen, F. J. (1994). Climate change and temperature-dependent sex determination in reptiles. Proceedings of the National Academy of Sciences, 91(16), 7487–7490. https://doi.org/10.1073/pnas.91.16.7487

Jaramillo, F., Licero, L., Åhlén, I., Manzoni, S., Rodríguez-Rodríguez, J. A., Guittard, A., Hylin, A., Bolaños, J., Jawitz, J. W., Wdowinski, S., Martínez, O., & Espinosa, L. F. (2018). Effects of Hydroclimatic Change and Rehabilitation Activities on Salinity and Mangroves in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. Wetlands, 38, 755-767. https://doi.org/10.1007/s13157-018-1024-7

Jordano, P., García, C., Godoy, J. A., & García-Castaño, J. L. (2007). Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(9), 3278–3282. https://doi.org/10.1073/pnas.0606793104

Junk, W. J., & Wantzen, K. M. (2004). The flood pulse concept: new aspects, approaches and applications - an update.

Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, R. E. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106(1), 110-127.

Kayanne, H. (2017). Validation of degree heating weeks as a coral bleaching index in the northwestern Pacific. Coral Reefs, 36, 63-70. https://doi.org/10.1007/s00338-016-1524-y

Keeling, P., Mathur, V., & Kwong, W. (2021). Corallicolids: The elusive coral-infecting apicomplexans. PLoS Pathogens, 17. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1009845

Komyakova, V., Jones, G., & Munday, P. (2018). Strong effects of coral species on the diversity and structure of reef fish communities: A multi-scale analysis. PLoS ONE, 13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202206

Kristensen, E., Bouillon, S., Dittmar, T., & Marchand, C. (2008). Organic carbon dynamics in mangrove ecosystems: a review. Aquatic Botany, 89, 201-219. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.005

Lachs, L., Bythell, J., East, H. K., Edwards, A. J., Mumby, P., Skirving, W., Spady, B. L., & Guest, J. (2021). Fine-tuning heat stress algorithms to optimise global predictions of mass coral bleaching. bioRxiv. https://doi.org/10.1101/2021.04.14.439773

Largier, J. L. (2010). Low-inflow estuaries: Hypersaline, inverse, and interrupted estuaries. En A. Valle-Levinson (Ed.), Contemporary Issues in Estuarine Physics (pp. 247–272). Cambridge University Press.

Leggat, W., Heron, S., Fordyce, A., Suggett, D., & Ainsworth, T. (2022). Experiment Degree Heating Week (eDHW) as a novel metric to reconcile and validate past and future global coral bleaching studies. Journal of Environmental Management, 301, 113919. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113919

Lenoir, J., & Svenning, J.-C. (2015). Climate-related range shifts: A global multidimensional synthesis and new research directions. Ecography, 38(1), 15–28.

Lesser, M. (1996). Elevated temperatures and ultraviolet radiation cause oxidative stress and inhibit photosynthesis in symbiotic dinoflagellates. Limnology and Oceanography, 41(2), 271-283. https://doi.org/10.4319/lo.1996.41.2.0271

Lesser, M. (1997). Oxidative stress causes coral bleaching during exposure to elevated temperatures. Coral Reefs, 16, 187-192. https://doi.org/10.1007/s003380050073

Lesser, M. (2006). Oxidative stress in marine environments: biochemistry and physiological ecology. Annual Review of Physiology, 68, 253-278. https://doi.org/10.1146/annurev.physiol.68.040104.110001

Lesser, M. (2007). Coral reef bleaching and global climate change: Can corals survive the next century? Proceedings of the National Academy of Sciences, 104, 5259-5260. https://doi.org/10.1073/pnas.0700910104

Lesser, M. (2010). Coral Bleaching: Causes and Mechanisms. 405-419. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4_23

Lesser, M. (2011). Oxidative Stress in Tropical Marine Ecosystems. 7-19. https://doi.org/10.1002/9781444345988.ch1

Lesser, M. (2019). Phylogenetic signature of light and thermal stress for the endosymbiotic dinoflagellates of corals (Family Symbiodiniaceae). Limnology and Oceanography, 64. https://doi.org/10.1002/lno.11155

Lesser, M. (2021). Eutrophication on Coral Reefs: What Is the Evidence for Phase Shifts, Nutrient Limitation and Coral Bleaching. BioScience. https://doi.org/10.1093/biosci/biab101

Lesser, M. (2024). Irradiance dependency of oxidative stress and coral bleaching. Coral Reefs, 43, 1393-1403. https://doi.org/10.1007/s00338-024-02545-1

Lesser, M. P. (2011). Coral bleaching: Causes and mechanisms. En Z. Dubinsky & N. Stambler (Eds.), Coral Reefs: An Ecosystem in Transition (pp. 405–419). Springer.

Lewis, S. L., Edwards, D. P., & Galbraith, D. (2015). Increasing human dominance of tropical forests. Science, 349(6250), 827–832. https://doi.org/10.1126/science.aaa9932

Limpens, J., Berendse, F., Blodau, C., Canadell, J. G., Freeman, C., Holden, J., Roulet, N., Rydin, H., & Schaepman-Strub, G. (2008). Peatlands and the carbon cycle: From local processes to global implications. Biogeosciences, 5, 1475–1491.

Lips, K. R., Brem, F., Brenes, R., Reeve, J. D., Alford, R. A., Voyles, J., Carey, C., Livo, L., Pessier, A. P., & Collins, J. P. (2006). Emerging infectious disease and the loss of biodiversity in a Neotropical amphibian community. Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(9), 3165–3170.

Liu, B., Foo, S., & Guan, L. (2024). Optimization of thermal stress thresholds on regional coral bleaching monitoring by satellite measurements of sea surface temperature. Frontiers in Marine Science. https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1438087

Liu, G., & Penland, C. (2008). NOAA Coral Reef Watch Coral Bleaching Outlook System.

Liu, G., Eakin, C. M., Chen, M., Kumar, A., De La Cour, J. L., Heron, S., Geiger, E., Skirving, W., Tirak, K., & Strong, A. E. (2018). Predicting Heat Stress to Inform Reef Management: NOAA Coral Reef Watch's 4-Month Coral Bleaching Outlook. Frontiers in Marine Science, 5. https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00057

Lluch-Cota, S. E., & Lluch-Cota, D. B. (2025). Transformational adaptation and climate-responsive ecosystem approaches in world marine fisheries. Fisheries Oceanography, 34(1), e12702.

Lluch-Cota, S. E., & Lluch-Cota, D. B. (2025). Variabilidad climática del Pacífico Oriental y su efecto en las pesquerías costeras.

Loh, T., McMurray, S., Henkel, T. P., Vicente, J., & Pawlik, J. (2015). Indirect effects of overfishing on Caribbean reefs: sponges overgrow reef-building corals. PeerJ, 3. https://doi.org/10.7717/peerj.901

Lucero, C. H., et al. (2020). Efectos de variables ambientales sobre la mortalidad de Anadara tuberculosa y A. similis en el Pacífico colombiano.

Maldonado-Ocampo, J. A., Ortega-Lara, A., Usma, J. S., Galvis, G., Villa-Navarro, F., Vásquez-Gamboa, L., Prada-Pedreros, S., & Ardila-Rodríguez, C. (Eds.). (2012). Peces dulceacuícolas y migratorios de Colombia. WWF Colombia.

Malhi, Y., Roberts, J. T., Betts, R. A., Killeen, T. J., Li, W., & Nobre, C. A. (2008). Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. Science, 319(5860), 169–172. https://doi.org/10.1126/science.1146961

Medina-Valmaseda, A., Blanchon, P., Álvarez-Filip, L., & Pérez-Cervantes, E. (2022). Geomorphically controlled coral distribution in degraded shallow reefs of the Western Caribbean. PeerJ, 10. https://doi.org/10.7717/peerj.12590

Mejía-Quintero, K., & Chasqui, L. (2020). Octocorals and Antipatharians in the Mesophotic Rocky Reefs of Colombian Pacific (Eastern Tropical Pacific). https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00311

Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. Ecology Letters, 10(8), 710–717.

Meyer, V., Saatchi, S., Ferraz, A., Xu, L., Duque, Á., García, M., & Chave, J. (2019). Forest degradation and biomass loss along the Chocó region of Colombia. Carbon Balance and Management, 14. https://doi.org/10.1186/s13021-019-0117-9

Miles, L., Newton, A. C., DeFries, R. S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., & Gordon, J. E. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. Journal of Biogeography, 33(3), 491–505.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Diagnóstico de la contaminación por mercurio asociada a la minería aurífera en el Pacífico colombiano.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Plan Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de los Manglares de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2025). Arrecifes coralinos de Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente, & Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). (2001). Programa Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de los Arrecifes Coralinos de Colombia.

Moberg, F., & Folke, C. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecological Economics, 29(2), 215–233.

Mojica, J. I., Usma, J. S., Álvarez-León, R., & Lasso, C. A. (Eds.). (2012). Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Mora-Sánchez, K., & Mancera-Pineda, J. E. (2006). Efecto de la salinidad y la temperatura sobre la mortalidad de Anadara tuberculosa.

Moreno Muñoz, A. S., Guzmán Alvis, Á. I., & Benavides Martínez, I. F. (2024). A random forest model to predict soil organic carbon storage in mangroves from Southern Colombian Pacific coast. Estuarine, Coastal and Shelf Science. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108674

Mosquera-Murillo, Z. (2020). Macrófitas acuáticas de los humedales del Chocó Biogeográfico. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP).

Mumby, P. (2006). The impact of exploiting grazers (Scaridae) on the dynamics of Caribbean coral reefs. Ecological Applications, 16(2), 747-769. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[0747:tioegs]2.0.co;2

Mumby, P. J., Edwards, A. J., Arias-González, J. E., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., Gorczynska, M. I., Harborne, A. R., Pescod, C. L., Renken, H., Wabnitz, C. C. C., & Llewellyn, G. (2004). Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. Nature, 427, 533-536. https://doi.org/10.1038/nature02286

Mumby, P. J., Hastings, A., & Edwards, H. J. (2007). Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. Nature, 450, 98–101.

Munyai, L., Mugwedi, L., Wasserman, R., Dondofema, F., & Dalu, T. (2023). Assessing Fish and Macroinvertebrates Assemblages in Relation to Environmental Variables in Makuleke Floodplain Pans: Implications for Biodiversity Conservation. Wetlands, 43, 1-13. https://doi.org/10.1007/s13157-023-01738-8

Nagelkerken, I., Blaber, S. J. M., Bouillon, S., Green, P., Haywood, M., Kirton, L., et al. (2008). The habitat function of mangroves for terrestrial and marine fauna: A review. Aquatic Botany, 89(2), 155–185.

Nagelkerken, I., van der Velde, G., Gorissen, M. W., Meijer, G. J., Van't Hof, T., & den Hartog, C. (2000). Importance of mangroves, seagrass beds and the shallow coral reef as a nursery for important coral reef fishes, using a visual census technique. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 51(1), 31-44. https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0617

Nepstad, D. C., Tohver, I. M., Ray, D., Moutinho, P., & Cardinot, G. (2007). Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest. Ecology, 88(9), 2259–2269. https://doi.org/10.1890/06-1046.1

Nielsen, D., Petrou, K., & Gates, R. (2018). Coral bleaching from a single cell perspective. The ISME Journal, 12, 1558-1567. https://doi.org/10.1038/s41396-018-0080-6

Noble, D. W. A., Stenhouse, V., & Schwanz, L. E. (2018). Developmental temperatures and sex ratios in reptiles: A meta-analysis. Biological Reviews, 93(1), 72–97.

Nyström, M., Graham, N. A. J., Lokrantz, J., & Norström, A. V. (2008). Capturing the cornerstones of coral reef resilience. Coral Reefs, 27, 795–809.

Oreska, M. P. J., McGlathery, K., & Porter, J. (2017). Seagrass blue carbon spatial patterns at the meadow-scale. PLoS ONE, 12. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176630

Osorio, A., & Castaño-Isaza, J. (2012). Manglares de Colombia: distribución, estructura y estado de conservación. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Page, S. E., Rieley, J. O., & Banks, C. J. (2011). Global and regional importance of the tropical peatland carbon pool. Global Change Biology, 17(2), 798–818. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02279.x

Palacios, M. L., & Cantera, J. (2017). Mangrove timber use as an ecosystem service in the Colombian Pacific. Hydrobiologia, 803, 345-358. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3309-x

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2016). Informe consolidado de emergencias y afectación de coberturas vegetales por incendios forestales en el Sistema de Áreas Protegidas bajo condiciones de El Niño. Dirección Territorial Pacífico.

Pau, S., Wolkovich, E. M., Cook, B. I., Nytch, C. J., Regetz, J., Zimmerman, J. K., & Wright, S. J. (2013). Clouds and temperature drive dynamic changes in tropical flower production. Nature Climate Change, 3, 838–842.

Paz Cardona, A. J. (2020). Reporte de incendio forestal en Necoclí. Mongabay Latam.

Peñaranda, M., Kintz, J. R. C., & Peña Salamanca, E. J. (2019). Carbon stocks in mangrove forests of the Colombian Pacific. Estuarine, Coastal and Shelf Science. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106299

Perea-Ardila, M. A. (2025). Dinámicas espaciotemporales de degradación por incendios forestales en los humedales del Bajo Atrato y el Darién chocoano, Colombia: Análisis mediante teledetección multiespectral y el índice de severidad de fuego (NBR). Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) / Universidad Tecnológica del Chocó.

Perry, C., Steneck, R., Murphy, G., Kench, P., Edinger, E., Smithers, S., & Mumby, P. (2015). Regional-scale dominance of non-framework building corals on Caribbean reefs affects carbonate production and future reef growth. Global Change Biology, 21. https://doi.org/10.1111/gcb.12792

Phillips, O. L., Aragão, L. E. O. C., Lewis, S. L., et al. (2009). Drought sensitivity of the Amazon rainforest. Science, 323(5919), 1344–1347.

Pinzón, J., & Lajeunesse, T. (2011). Species delimitation of common reef corals in the genus Pocillopora using nucleotide sequence phylogenies, population genetics and symbiosis ecology. Molecular Ecology, 20. https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2010.04939.x

Pizano, C., & García, H. (Eds.). (2014). El bosque seco tropical en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Pizarro, V., Rodríguez, S., López-Victoria, M., Zapata, F., Zea, S., Galindo-Martínez, C. T., Iglesias-Prieto, R., Pollock, J., & Medina, M. (2017). Unraveling the structure and composition of Varadero Reef, an improbable and imperiled coral reef in the Colombian Caribbean. PeerJ, 5. https://doi.org/10.7717/peerj.4119

Poi de Neiff, A. S. G., & Neiff, J. J. (2006). Riqueza de especies y similaridad de los invertebrados que viven en plantas flotantes de la planicie de inundación del río Paraná (Argentina). Interciencia, 31(3), 209–216.

Porter, J. W. (1974). Community Structure of Coral Reefs on Opposite Sides of the Isthmus of Panama. Science, 186, 543-545. https://doi.org/10.1126/science.186.4163.543

Prada, C., & Hellberg, M. (2020). Speciation-by-depth on coral reefs: Sympatric divergence with gene flow or cryptic transient isolation? Journal of Evolutionary Biology, 34, 128-137. https://doi.org/10.1111/jeb.13731

Qin, B., Yu, K., & Zuo, X. (2023). Study of the bleaching alert capability of the CRW and CoRTAD coral bleaching heat stress products in China's coral reefs. Marine Environmental Research, 186, 105939. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2023.105939

Quirama, M. G., Lazarus, J., & López-Victoria, M. (2025). In the Face of Climate Change, Coral Reservoirs with Restoration Potential: A Case Study in Utría Cove, Eastern Tropical Pacific. Diversity. https://doi.org/10.3390/d17020124

Randall, C., Toth, L., Leichter, J., Maté, J., & Aronson, R. (2020). Upwelling buffers climate change impacts on coral reefs of the eastern tropical Pacific. Ecology. https://doi.org/10.1002/ecy.2918

Rangel-Ch, J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. 176-200. https://doi.org/10.18257/raccefyn.136

Rauenzahn, J., Eakin, C. M., Skirving, W., Burgess, T., Christensen, T., Heron, S., Li, J., Liu, G., Morgan, J., Nim, C., Parker, B., & Strong, A. (2010). NOAA Coral Reef Watch: Decision Support Tools for Coral Reef Managers.

Restrepo, J. D., & Kjerfve, B. (2000). Magdalena River: Interannual variability (1975–1995) and revised water discharge and sediment load estimates. Journal of Hydrology, 235, 137–149.

Revista Semana. (2020). Reporte de incendio forestal en manglares de Necoclí, Antioquia.

Riascos, J., & Blanco-Libreros, J. (2019). Pervasively high mangrove productivity in a major tropical delta throughout an ENSO cycle (Southern Caribbean, Colombia). Estuarine, Coastal and Shelf Science. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106301

Riascos, J., Cantera, J., & Blanco-Libreros, J. (2018). Growth and mortality of mangrove seedlings in the wettest neotropical mangrove forests during ENSO: Implications for vulnerability to climate change. Aquatic Botany. https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2018.03.002

Ribeiro, R. A., Rovai, A., Twilley, R., & Castañeda-Moya, E. (2019). Spatial variability of mangrove primary productivity in the neotropics. Ecosphere. https://doi.org/10.1002/ecs2.2841

Richmond, R. H. (1997). Reproduction and recruitment in corals: Critical links in the persistence of reefs. En C. Birkeland (Ed.), Life and Death of Coral Reefs. Chapman & Hall.

Ridge, I. (1997). Oxidative Stress and Antioxidant Defenses in Biology, S. Ahmed (Ed.). Mycologist, 11. https://doi.org/10.1016/s0269-915x(97)80076-6

Rivas, N., Gómez, C. E., Millán, S., Mejía-Quintero, K., & Chasqui, L. (2023). Coral reef degradation at an atoll of the Western Colombian Caribbean. PeerJ, 11. https://doi.org/10.7717/peerj.15057

Rodríguez, L., Acosta, A., González-Zapata, F., Gómez-Corrales, M., Marrugo, M., Alvarado-Ch, E. M., Dueñas, L., Andrade, J., Gutierrez-Cala, L., & Sánchez, J. A. (2023). Conservation at the edge: connectivity and opportunities from non-protected coral reefs close to a National Park in the Colombian Caribbean. Biodiversity and Conservation, 32, 1493-1522. https://doi.org/10.1007/s10531-022-02539-x

Rodríguez-Rodriguez, J., Sierra-Correa, P. C., Gómez-Cubillos, M. C., & Villanueva, L. L. (2016). Mangroves of Colombia. 1-10. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6173-5_280-2

Rogers, C. S. (1990). Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. Marine Ecology Progress Series, 62, 185–202.

Rojas, Á., Ruíz-Agudelo, C., Diazgranados, M., Polanco, H., & Anderson, R. (2019). Approach to an integral valuation of mangrove's ecosystem services in a marine protected area. Colombian Pacific region. Journal of Environmental Economics and Policy, 8, 322-342. https://doi.org/10.1080/21606544.2019.1584127

Romero-Torres, M., Acosta, A., Palacio-Castro, A., Treml, E., Zapata, F., Paz-García, D., & Porter, J. (2020). Coral reef resilience to thermal stress in the Eastern Tropical Pacific. Global Change Biology, 26, 3880-3890. https://doi.org/10.1111/gcb.15126

Russ, G. R., & Alcala, A. C. (2004). Marine reserves: Long-term protection is required for full recovery. Ecological Applications, 14(2), 597–606.

Sacramento, P. A., Simões, N. R., Alves, G. H. Z., Amadio, S., Padial, A., & Benedito, E. (2024). Patterns of non-migratory fish metacommunity from Neotropical floodplains: Local mechanisms, regional scale and hydrological dynamics. Ecohydrology, 17. https://doi.org/10.1002/eco.2706

Sánchez-Núñez, D., Rodríguez-Rodríguez, J. A., & Mancera Pineda, J. E. (2023). Effects of climate variability and hydrological rehabilitation measures on long-term mangrove trajectories: From reproduction to recruitment and landscape cover changes. Journal of Applied Ecology. https://doi.org/10.1111/1365-2664.14536

Santodomingo, N., Reyes, J., Flórez, P., Chacón-Gómez, I. C., Ofwegen, L. P., & Hoeksema, B. (2013). Diversity and distribution of azooxanthellate corals in the Colombian Caribbean. Marine Biodiversity, 43, 7-22. https://doi.org/10.1007/s12526-012-0131-6

Scheffer, M., Carpenter, S., Foley, J. A., Folke, C., & Walker, B. (2001). Catastrophic shifts in ecosystems. Nature, 413, 591–596.

Selwyn, J. D., & Vollmer, S. V. (2023). Whole genome assembly and annotation of the endangered Caribbean coral Acropora cervicornis. G3: Genes|Genomes|Genetics, 13. https://doi.org/10.1093/g3journal/jkad232

Serrano, O., Gómez-López, D., Sánchez-Valencia, L., Acosta-Chaparro, A., Navas-Camacho, R., González-Corredor, J., Salinas, C., Masqué, P., Bernal, C., & Marbà, N. (2021). Seagrass blue carbon stocks and sequestration rates in the Colombian Caribbean. Scientific Reports, 11. https://doi.org/10.1038/s41598-021-90544-5

Sharp, A., Boyle, M. J., Bonebrake, T., Guo, Y., Kitching, R., Stork, N., Zeng, X., & Ashton, L. A. (2025). Stronger El Niños reduce tropical forest arthropod diversity and function. Nature, 645, 946-951. https://doi.org/10.1038/s41586-025-09351-x

Sheaves, M., Baker, R., Nagelkerken, I., & Connolly, R. M. (2016). True Value of Estuarine and Coastal Nurseries for Fish: Incorporating Complexity and Dynamics. Estuaries and Coasts, 39, 1155-1178.

Short, F., & Neckles, H. (1999). The effects of global climate change on seagrasses. Aquatic Botany, 63, 169-196. https://doi.org/10.1016/s0304-3770(98)00117-x

Smith, D. J., Suggett, D., & Baker, N. (2005). Is photoinhibition of zooxanthellae photosynthesis the primary cause of thermal bleaching in corals? Global Change Biology, 11. https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00895.x

Smith, J., Brainard, R., Carter, A. L., Grillo, S., Edwards, C. B., Harris, J. L., Lewis, L. S., Obura, D., Rohwer, F., Sala, E., Vroom, P., & Sandin, S. (2016). Re-evaluating the health of coral reef communities: baselines and evidence for human impacts across the central Pacific. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 283. https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1985

Spalding, M. D., Ravilious, C., & Green, E. P. (2001). World Atlas of Coral Reefs. University of California Press.

Stadtmüller, T. (1987). Cloud Forests in the Humid Tropics: A Bibliographic Review. United Nations University.

Strong, A., Liu, G., Skirving, W., & Eakin, C. M. (2011). NOAA's Coral Reef Watch program from satellite observations. Annals of GIS, 17, 83-92. https://doi.org/10.1080/19475683.2011.576266

Szabó, M., Larkum, A., & Vass, I. (2020). A Review: The Role of Reactive Oxygen Species in Mass Coral Bleaching. 459-488. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33397-3_17

Tockner, K., Malard, F., & Ward, J. V. (2000). An extension of the flood pulse concept. Hydrological Processes, 14(16-17), 2861-2883. https://doi.org/10.1002/1099-1085(200011/12)14:16/17<2861::aid-hyp124>3.0.co;2-f

Tortolero-Langarica, J., Rodríguez-Troncoso, A., Cupul-Magaña, A., Morales-De-Anda, D., Caselle, J., & Carricart-Ganivet, J. (2022). Coral calcification and carbonate production in the eastern tropical Pacific: The role of branching and massive corals in the reef maintenance. Geobiology, 20, 533-545. https://doi.org/10.1111/gbi.12491

Toth, L., Macintyre, I., & Aronson, R. (2016). Holocene Reef Development in the Eastern Tropical Pacific. 177-201. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7499-4_6

Touza, J., Lacambra, C., Kiss, A., Amboage, R., Sierra, P., Solan, M., Godbold, J., Spencer, T., & White, P. (2021). Coping and Adaptation in Response to Environmental and Climatic Stressors in Caribbean Coastal Communities. Environmental Management, 68, 505-521. https://doi.org/10.1007/s00267-021-01500-y

Twilley, R. R., & Rivera-Monroy, V. H. (2009). Ecogeomorphic models of nutrient biogeochemistry for mangrove wetlands. En Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach.

Van Der Sleen, P., & Rams, M. (2023). Flood pulses and fish species coexistence in tropical rivers - a theoretical food web model. Environmental Biology of Fishes, 106, 1785-1796. https://doi.org/10.1007/s10641-023-01458-2

Van Oppen, M. V., Willis, B., & Miller, D. J. (1999). Atypically low rate of cytochrome b evolution in the scleractinian coral genus Acropora. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences, 266, 179-183. https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0619

Vega-Sequeda, P. A., Díaz-Sánchez, M., Rodríguez-Ramírez, A., & Garzón-Ferreira, J. (2024). Monitoreo de los arrecifes coralinos en Colombia: Alertas térmicas y blanqueamiento durante el evento El Niño 2023–2024. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR).

Vélez-Agudelo, C., & Aguirre-Ramírez, N. (2016). Influencia de la descarga continental sobre los ecosistemas costeros del golfo de Urabá.

Villate Daza, D. A., Sánchez Moreno, H., Portz, L., Manzolli, R. P., Bolívar-Anillo, H., & Anfuso, G. (2020). Mangrove Forests Evolution and Threats in the Caribbean Sea of Colombia. Water. https://doi.org/10.3390/w12041113

Voolstra, C., Hume, B., Armstrong, E., Mitushasi, G., Porro, B., Oury, N., Agostini, S., Boissin, É., Poulain, J., Carradec, Q., Paz-García, D., Zoccola, D., Magalon, H., Moulin, C., Bourdin, G., Iwankow, G., Romac, S., Banaigs, B., Boss, E., . . . Forcioli, D. (2023). Disparate genetic divergence patterns in three corals across a pan-Pacific environmental gradient highlight species-specific adaptation. npj Biodiversity, 2. https://doi.org/10.1038/s44185-023-00020-8

Wang, C., Jiang, Z., Zhou, L., Dai, B., & Song, Z. (2019). A functional group approach reveals important fish recruitments driven by flood pulses in floodplain ecosystem. Ecological Indicators. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.024

Wang, X., & Zhu, X. (2024). Salinity stress and atmospheric dryness co-limit evapotranspiration in a subtropical monsoonal estuarine mangrove wetland. Environmental Research Letters, 19. https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad8586

Waycott, M., Duarte, C., Carruthers, T., Orth, R., Dennison, W., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J., Heck, K., Hughes, A., Kendrick, G., Kenworthy, W., Short, F. T., & Williams, S. L. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106, 12377-12381. https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106

Webster, M. M., & Schindler, D. (2024). Ecological replacement for reef-building corals. Nature Climate Change, 14, 776-778. https://doi.org/10.1038/s41558-024-02064-5

Weir, L. K. (2026). The influence of habitat on intra-specific variation in fish mating systems. Fishes, 11(7), 375. https://doi.org/10.3390/fishes11070375

Wells, K. D. (2007). The Ecology and Behavior of Amphibians. University of Chicago Press.

Whitaker, H., & DeCarlo, T. M. (2024). Re(de)fining degree-heating week: coral bleaching variability necessitates regional and temporal optimization of global forecast model stress metrics. Coral Reefs, 43, 969-984. https://doi.org/10.1007/s00338-024-02512-w

Whitfield, S., Beauchamp, E., Boyd, D., Burslem, D., Byg, A., Colledge, F., Cutler, M., Didena, M., Dougill, A., Foody, G., Godbold, J., Hazenbosch, M., Hirons, M., Speranza, C. I., Jew, E., Lacambra, C., Mkwambisi, D., Moges, A., Morel, A., . . . White, P. (2019). Exploring temporality in socio-ecological resilience through experiences of the 2015-16 El Niño across the Tropics. Global Environmental Change. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.01.004

Wilkinson, C. (Ed.). (2008). Status of Coral Reefs of the World: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network.

World Resources Institute (WRI). (2016). Global climate pressures and structural degradation of tropical forest interfaces during extreme meteorological droughts. WRI Technical Paper Series.

Wright, S. J., & Calderón, O. (2006). Seasonal, El Niño and longer-term changes in flower and seed production in a moist tropical forest. Ecology Letters, 9(1), 35–44.

Wu, R. S. S. (2009). Effects of hypoxia on fish reproduction and development. En J. G. Richards, A. P. Farrell, & C. J. Brauner (Eds.), Fish Physiology: Hypoxia (Vol. 27, pp. 79-141). Academic Press.

Zapata, F. (2017). Temporal dynamics of coral and algal cover and their potential drivers on a coral reef of Gorgona Island, Colombia (Eastern Tropical Pacific). 306-318. https://doi.org/10.18257/raccefyn.486

Zapata, F. A., & Vargas-Ángel, B. (2003). Corals and coral reefs of the Pacific coast of Colombia. 419-447. https://doi.org/10.1016/b978-044451388-5/50019-9

# Anexo 1. Serie histórica del Índice Oceánico de El Niño (ONI), 2000–2026

La matriz ONI se presenta como soporte de trazabilidad para identificar periodos cálidos, fríos o neutrales del ENOS. Los encabezados corresponden a trimestres móviles: DJF, JFM, FMA, MAM, AMJ, MJJ, JJA, JAS, ASO, SON, OND y NDJ. Los valores positivos sostenidos indican calentamiento del Pacífico ecuatorial asociado a El Niño; los valores negativos sostenidos indican enfriamiento asociado a La Niña. Esta información contextualiza los periodos seleccionados, pero no debe interpretarse como predictor directo de impactos locales.

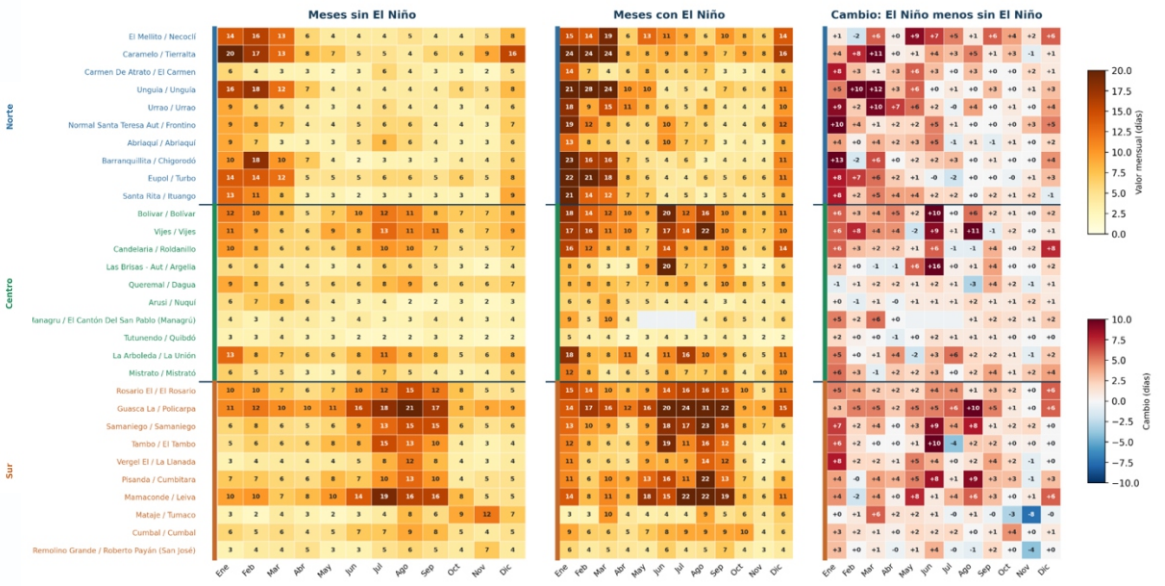
| Year | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000 | -1.7 | -1.4 | -1.1 | -0.8 | -0.7 | -0.6 | -0.6 | -0.5 | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.7 |
| 2001 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.3 |
| 2002 | -0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.1 |
| 2003 | 0.9 | 0.6 | 0.4 | 0.0 | -0.3 | -0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 |
| 2004 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| 2005 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.1 | -0.3 | -0.6 | -0.8 |
| 2006 | -0.9 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 0.9 |
| 2007 | 0.7 | 0.2 | -0.1 | -0.3 | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.8 | -1.1 | -1.3 | -1.5 | -1.6 |
| 2008 | -1.6 | -1.5 | -1.3 | -1.0 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.2 | -0.2 | -0.4 | -0.6 | -0.7 |
| 2009 | -0.8 | -0.8 | -0.6 | -0.3 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 1.4 | 1.6 |
| Year | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
| 2010 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 0.4 | -0.2 | -0.7 | -1.0 | -1.3 | -1.6 | -1.6 | -1.6 | -1.5 |
| 2011 | -1.3 | -1.0 | -0.8 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -1.0 | -1.0 | -0.9 |
| 2012 | -0.7 | -0.6 | -0.5 | -0.4 | -0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | -0.1 |
| 2013 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.1 | -0.1 | -0.2 |
| 2014 | -0.3 | -0.3 | -0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.7 | 0.8 |
| 2015 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.2 | 2.5 | 2.6 | 2.8 |
| 2016 | 2.6 | 2.3 | 1.7 | 1.0 | 0.5 | 0.0 | -0.3 | -0.5 | -0.6 | -0.6 | -0.6 | -0.5 |
| 2017 | -0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | -0.1 | -0.3 | -0.6 | -0.8 | -0.9 |
| 2018 | -0.8 | -0.7 | -0.6 | -0.4 | -0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 0.9 |
| 2019 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.7 |
| Year | DJF | JFM | FMA | MAM | AMJ | MJJ | JJA | JAS | ASO | SON | OND | NDJ |
| 2020 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.0 | -0.2 | -0.4 | -0.5 | -0.8 | -1.1 | -1.2 | -1.1 |
| 2021 | -0.9 | -0.8 | -0.7 | -0.5 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -0.9 | -0.9 |
| 2022 | -0.8 | -0.8 | -0.9 | -1.0 | -0.9 | -0.8 | -0.8 | -0.9 | -1.0 | -0.9 | -0.8 | -0.7 |
| 2023 | -0.5 | -0.3 | 0.0 | 0.3 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 2.1 |
| 2024 | 1.9 | 1.6 | 1.3 | 0.8 | 0.5 | 0.2 | 0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | -0.4 |
| 2025 | -0.4 | -0.2 | -0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.1 | -0.3 | -0.4 | -0.5 | -0.6 | -0.5 |
| 2026 | -0.4 | -0.1 | 0.1 | | | | | | | | | |

**Anexo 1.** Serie histórica del ONI, 2000-2026. Fuente: NOAA-CPC, serie ONI consultada para clasificación de periodos ENOS

# Anexo 2. Matriz local de CDD durante meses El Niño por estación/localidad

Este anexo presenta la comparación local del CDD entre meses sin El Niño, meses con El Niño y el cambio observado. Valores positivos en el panel de cambio indican aumento de días secos consecutivos durante meses El Niño, por lo que ayudan a ubicar localidades donde pueden intensificarse pausas secas, presión sobre fuentes menores, abastecimiento local, cultivos e incendios de cobertura vegetal.

**Rachas secas por zona y estación**
CDD mensual: racha seca máxima (días con precipitación < 1 mm)
Estaciones priorizadas por aumento durante meses El Niño




Cada celda es la mediana mensual de la estación entre 2000 y 2025. La matriz derecha muestra el cambio en días: El Niño menos meses sin El Niño. Base actualizada con nuevas estaciones

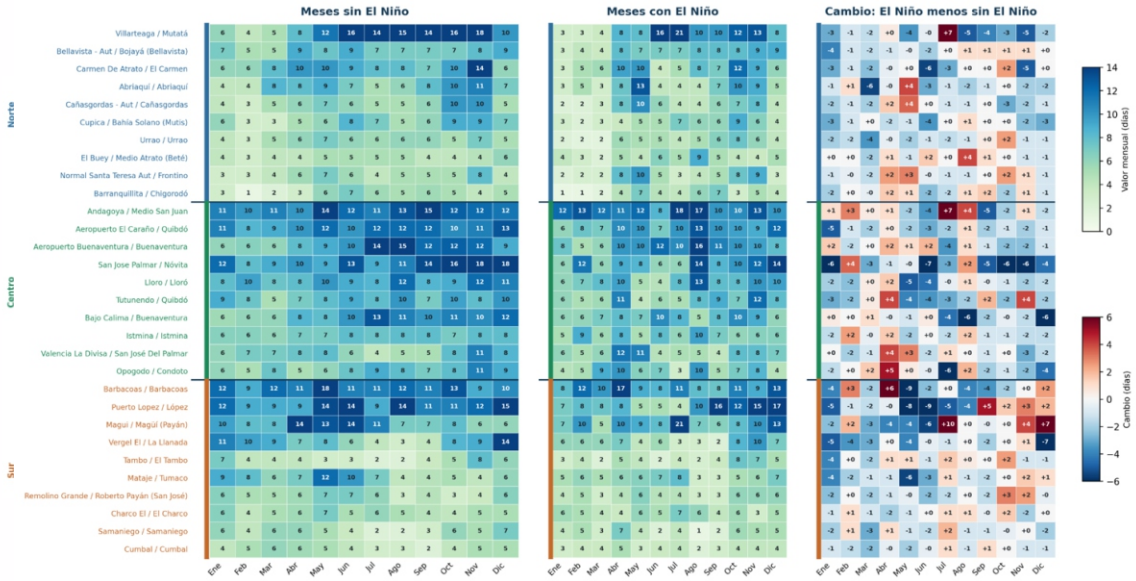
**Anexo 2.** Matriz local de CDD por estación/localidad durante meses El Niño. Fuente: elaboración propia con base en registros diarios IDEAM DHIME y clasificación de meses El Niño según ONI.

# Anexo 3. Matriz local de CWD durante meses El Niño por estación/localidad

Este anexo presenta la comparación local del CWD entre meses sin El Niño, meses con El Niño y el cambio observado. Valores negativos en el panel de cambio indican reducción de días húmedos consecutivos durante meses El Niño; valores positivos sugieren mayor persistencia de lluvia. Esta matriz complementa la lectura de continuidad hídrica, lluvias persistentes, saturación, turbidez y presión sobre ríos, esteros, humedales y zonas bajas.

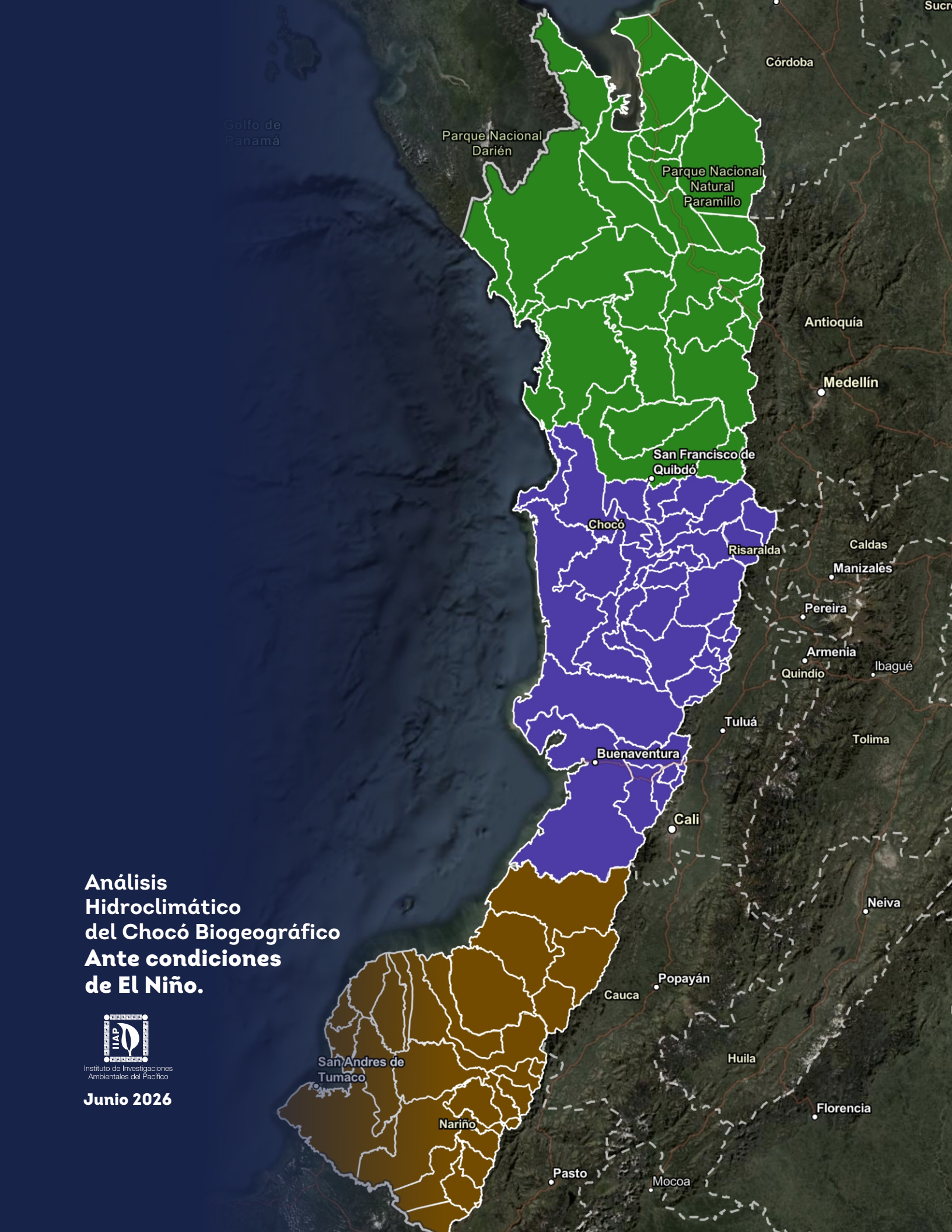
## Rachas húmedas por zona y estación

CWD mensual: racha húmeda máxima (días con precipitación ≥ 1 mm).
Estaciones priorizadas por mayor persistencia durante meses El Niño




Cada celda es la mediana mensual de la estación entre 2000 y 2025. La matriz derecha muestra el cambio en días: El Niño menos meses sin el Niño.
Base actualizada con nuevas estaciones.

**Anexo 3.** Matriz local de CWD por estación/localidad durante meses El Niño. Fuente: elaboración propia con base en registros diarios IDEAM DHIME y clasificación de meses El Niño según ONI.




# Análisis Hidroclimático del Chocó Biogeográfico Ante condiciones de El Niño.

Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico

**Junio 2026**