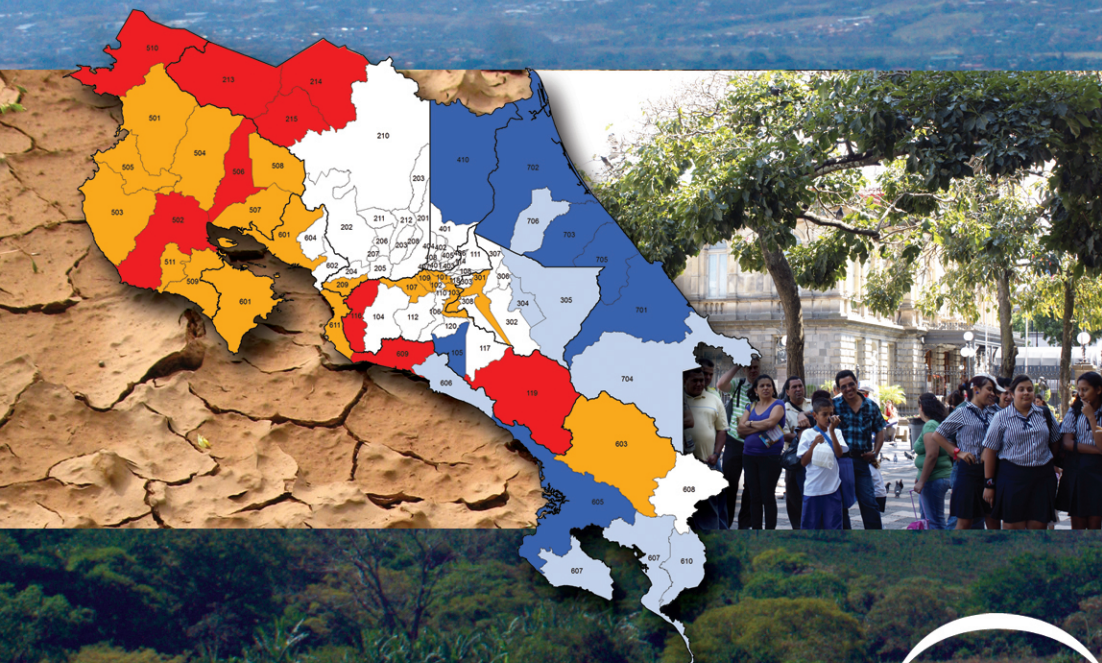


2012

INFORME FINAL

del Proyecto:

Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano



INFORME **FINAL** del Proyecto:

Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano



Edición: José Alberto Retana

Diseño y diagramación: Paula Solano

2012





CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	SITUACIÓN ACTUAL	4
2.1.	Vulnerabilidad actual (Retana <i>et al</i> , 2011)	4
2.2.	Amenaza actual (Retana <i>et al</i> , 2011)	8
2.3.	Riesgo actual (Retana <i>et al</i> , 2011)	12
2.3.1.	Riesgo por eventos extremos secos	12
2.3.2.	Riesgo por eventos extremos lluviosos	16
3.	ESCENARIO FUTURO	19
3.1.	Vulnerabilidad futura (Echeverría, 2011)	19
3.2.	Amenaza futura (Echeverría, 2011)	21
3.3.	Riesgo Futuro (Retana, 2011)	24
4.	ADAPTACIÓN	27
4.1.	Red de observación del clima y monitoreo de cambio (Chacón, 2011)	27
4.2.	Medidas de adaptación (Pujol <i>et al</i> , 2012a)	29
4.3.	Inserción de las medidas de adaptación en el GIRH (Pujol <i>et al</i> , 2011b)	34
4.4.	Estudios de caso (Pujol <i>et al</i> , 2012c)	37
5.	CONCLUSIONES	40
6.	RECOMENDACIONES	42
7.	BIBLIOGRAFÍA	43



1. INTRODUCCION

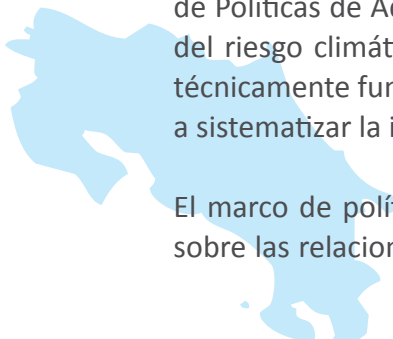
El proyecto “Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano” fue financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y ejecutado por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Su objetivo principal fue aumentar la capacidad nacional para implementar, coordinar y monitorear las acciones necesarias para favorecer la resiliencia ante el cambio climático, así como fortalecer la capacidad institucional y nacional para generar e implementar políticas y estrategias de adaptación.

En aspectos ideológicos y metodológicos, este proyecto constituyó la continuación y generalización del plan piloto ejecutado en el 2007 gracias al proyecto “Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba” financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Global (GEF, por sus siglas en inglés) e implementado por PNUD y el Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC), siendo ejecutado en Costa Rica por el IMN.

El abordaje metodológico utilizó el Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático creado por el PNUD (Lim *et al* 2005) y adaptado a condiciones nacionales por el IMN (Villalobos *et al* 2007). Se trabajó bajo la plataforma de conocimiento de la gestión del riesgo como hilo conductor para analizar y dar soluciones al problema planteado: “cómo adaptar el sector hídrico en sociedades vulnerables ante eventos hidrometeorológicos extremos, de manera tal que estas acciones tiendan a mejorar el desarrollo humano?”. Bajo este esquema, se caracterizó el riesgo del sector hídrico desde un punto de vista social y en dos períodos de tiempo: el actual, estimado a partir de una composición de indicadores observados en la primera década del siglo XXI, y el período futuro estimado a partir de una proyección de indicadores socioeconómicos, contrastada con escenarios de clima futuro modelados matemáticamente, para un horizonte de tiempo aproximado al año 2030. Tomando como base los resultados obtenidos, se fijan las propuestas de adaptación para los grupos poblacionales en mayor riesgo, incluyendo la estrategia de introducción de estas acciones dentro de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico y cómo se podría visualizar la operatividad del plan por medio de estudios de caso.

Este proyecto de alguna manera responde a la rapidez con la cual se han estado observando cambios en el patrón del clima local, su magnitud y el impacto que están teniendo en los sistemas sociales y productivos de nuestras comunidades. Se exige por tanto que los procesos de planificación de la adaptación al clima, su variabilidad y cambio, sean prontos y efectivos. En este sentido, tanto el Marco de Políticas de Adaptación como la gestión de riesgo, demuestran ser una exitosa guía para el análisis del riesgo climático en escenarios de calentamiento global y el diseño de estrategias de adaptación técnicamente fundamentadas. Los resultados obtenidos son altamente operativos puesto que tienden a sistematizar la información para concretizar acciones directas sobre la sociedad.

El marco de políticas propuesto por el PNUD contribuye con la construcción de escenarios robustos sobre las relaciones entre la vulnerabilidad del sistema ante la amenaza del clima y sus extremos. La





adaptación del marco a las condiciones nacionales debe enfrentar el reto de diseñar estrategias bajo una perspectiva de desarrollo, procurando que el individuo, las comunidades y los países no dejen de lado la búsqueda de una mejor calidad de vida a pesar de la incertidumbre del clima futuro y la complejidad de las relaciones globales en un mundo convulso y altamente competitivo.

2. SITUACIÓN ACTUAL

La situación actual consiste en un análisis del riesgo descrito a partir de los componentes de vulnerabilidad y amenaza. La integración de los dos componentes genera un escenario que identifica las zonas de mayor riesgo (donde una alta vulnerabilidad coincide con un alto nivel de amenaza). La vulnerabilidad actual debe ser entendida como una recopilación de información diagnóstica cuya data se ubica en la primera década del siglo XXI. Responde principalmente a registros socioeconómicos generados por el Censo de Población y Vivienda, estadísticas de salud de la Caja Costarricense del Seguro Social e información del Instituto Meteorológico Nacional y la Dirección de Aguas del MINAET. La amenaza actual se construyó a partir de información meteorológica de los últimos 30 años aproximadamente. Ambos componentes se expresaron en forma anual por medio de índices. La escala fue nacional, utilizando el cantón como la mínima unidad geográfica de expresión.

2.1. VULNERABILIDAD ACTUAL (Retana et al, 2011)

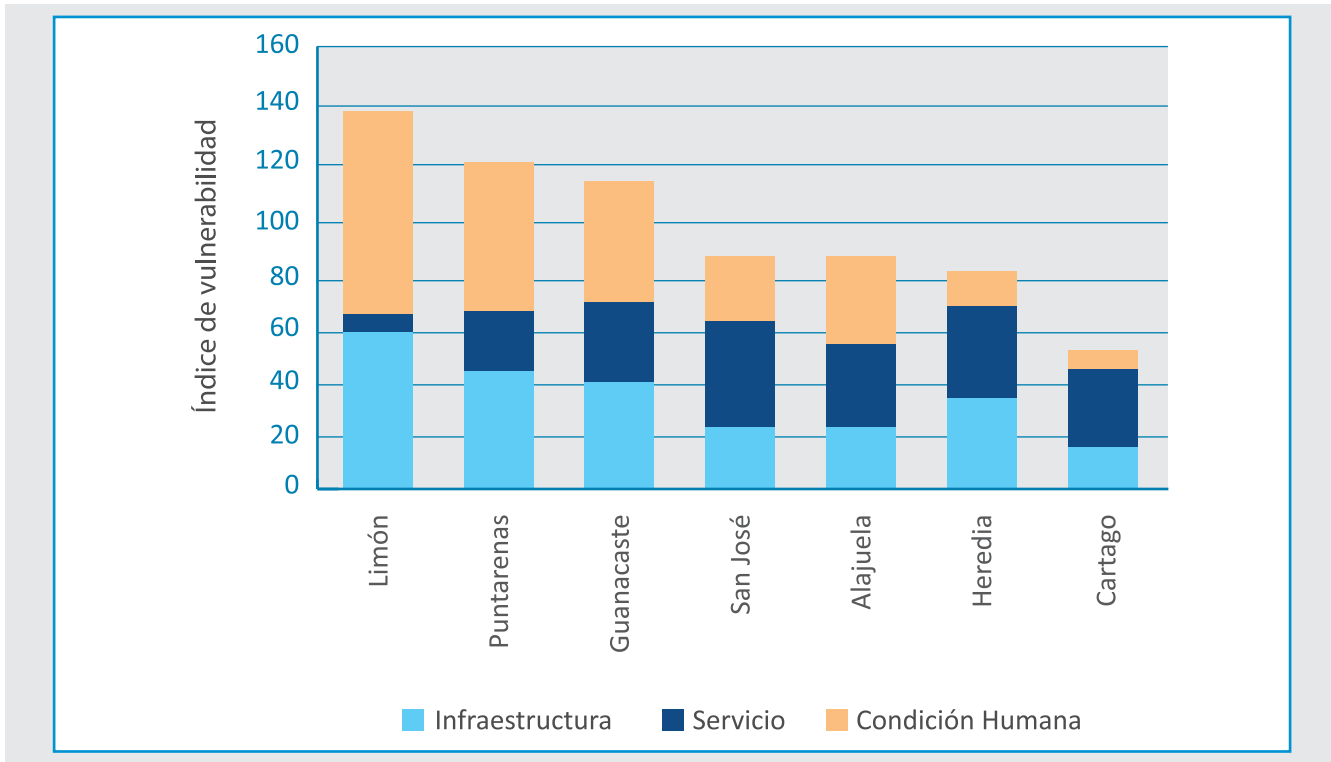
La vulnerabilidad actual se caracterizó a partir de 14 indicadores sociales y económicos, agrupados en tres componentes e integrados en un índice. No se otorgaron pesos a los indicadores. La estructura del índice de vulnerabilidad se presenta en el cuadro 1.

Componente	Indicador	Unidad
Infraestructura	Viviendas sin acueducto	%
	Viviendas con tanque séptico	%
	Viviendas en mal estado	%
	Infraestructura vial	%
Servicios	Viviendas sin electricidad	%
	Habitantes por EBAIS	#
	Disponibilidad de agua per cápita	M ³ /año
	Área sin zonas protegidas	%
	Consumo de agua del sector agropecuario	Lt/s
Condición humana	Muertes por Enfermedades Bronco respiratorias Agudas (IRA)	#
	Población dependiente	%
	Población discapacitada	%
	Índice de Desarrollo Humano	Índice
	Necesidades Básicas Insatisfechas	%

Cuadro 1. Componentes e indicadores de vulnerabilidad del sector hídrico.



En la figura 1 se presentan los resultados de vulnerabilidad, desglosados en sus tres componentes y cantones, a nivel de provincia.



INDICADORES	INFRAESTRUCTURA				SERVICIOS					CONDICION HUMANA				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Limón	■	■						■		■	■		■	
Puntarenas	■	■						■		■	■	■	■	
Guanacaste	■	■		■	■			■	■	■	■	■	■	■
San José					■	■	■							
Alajuela	■		■		■	■	■			■	■	■	■	■
Heredia			■		■	■	■							
Cartago			■	■		■	■		■					

■ Catalogado de media-alta o alta vulnerabilidad

1	Viviendas en mal estado	8	Viviendas sin electricidad
2	Viviendas sin acueducto	9	Consumo de agua del sector agropecuario
3	Viviendas con tanque séptico	10	Población dependiente
4	Infraestructura vial	11	Población discapacitada
5	Area sin zonas protegidas	12	Índice de desarrollo humano
6	Disponibilidad de agua por persona	13	Necesidades básicas insatisfechas
7	Habitantes por EBAIS	14	Defunciones por IRAS

Figura 1. Componentes e indicadores de vulnerabilidad por provincia



Existen variaciones importantes en la participación de los componentes de vulnerabilidad. Por ejemplo, la alta vulnerabilidad de Limón se debe principalmente a la condición humana de la población y la infraestructura. En el detalle del cuadro, se observa que los indicadores de población dependiente, discapacitada y pobreza junto con viviendas en mal estado y la falta de acueducto, son los que presentan mayor impacto. Por otra parte, el componente de servicios tiene más peso en la expresión final de vulnerabilidad en la provincia de Cartago. Los mayores problemas se tienen en la disponibilidad de agua por persona, la competencia del sector agrícola en cuanto al recurso agua y la poca cobertura de centros de salud. En la figura 2 se presenta el Índice de Vulnerabilidad Integrado a nivel de cantón. Se observa una mayor vulnerabilidad en los cantones fronterizos, tanto al norte como el sur y en zonas costeras. La menor vulnerabilidad se presenta en el centro del país, donde se concentra la mayor parte de la población de Costa Rica.

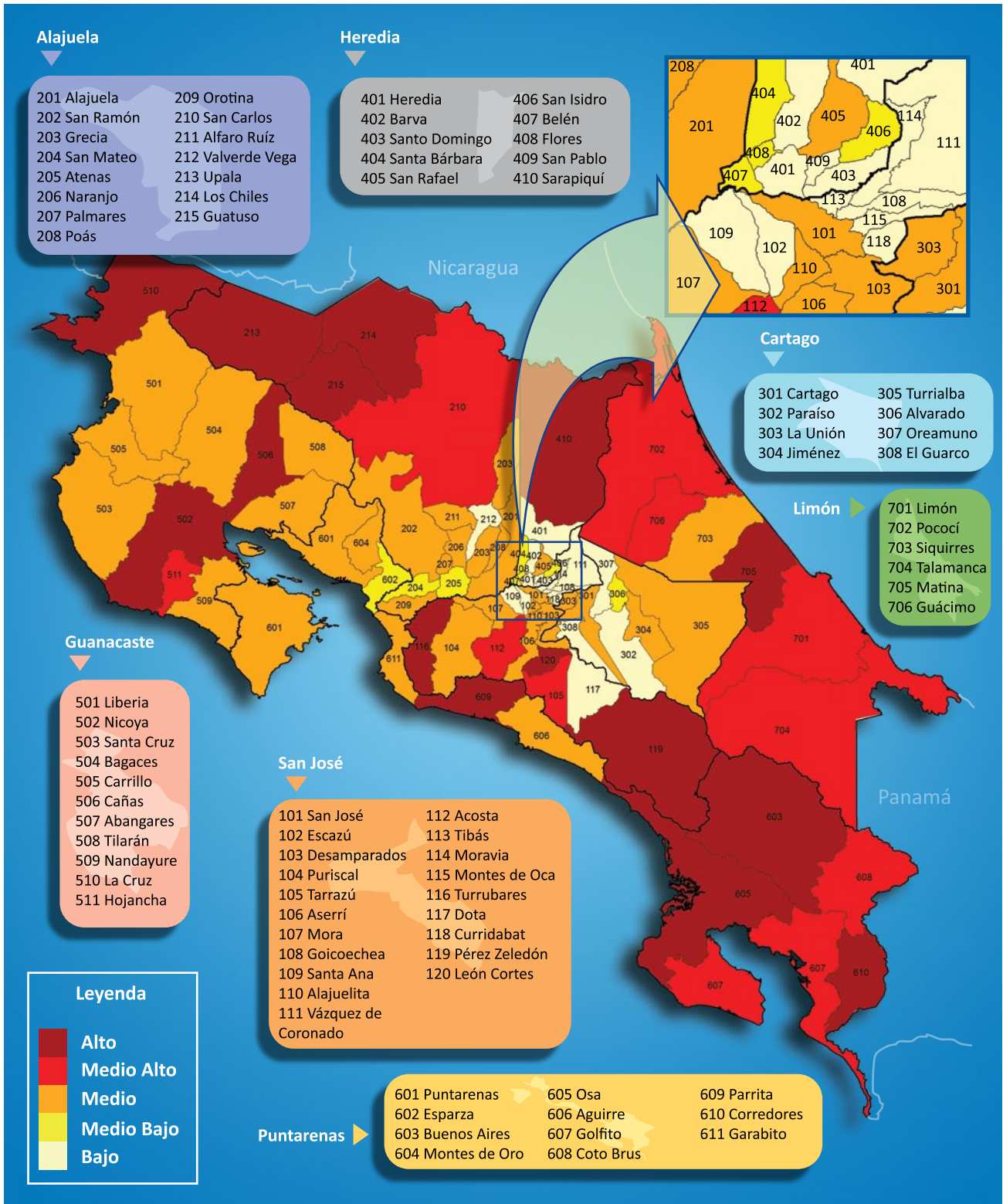


Figura 2. Índice de vulnerabilidad integrada.



La alta vulnerabilidad que se observa en las zonas fronterizas y hacia el Caribe, el Pacífico Norte y Central, se debe a malas condiciones humanas e infraestructura. Aunque hacia el centro del país, la vulnerabilidad comparada es baja, los problemas que se enfrentan se relacionan a la poca efectividad de los servicios debidos a la alta presión demográfica.

La vulnerabilidad analizada en este estudio no corresponde a un solo elemento. Su distribución espacial, su dimensión y su explicación puede asociarse perfectamente con patrones definidos por elementos que individualmente tienen un gran peso como son la pobreza, el desarrollo humano o la equidad de género. De los 15 cantones más vulnerables, 11 se encuentran dentro de los cantones de menor Índice de Desarrollo Humano al 2007 y dentro de estos, 11 cantones presentan los más bajos Índices de Desarrollo Relativo al Género (IDG).

La alta vulnerabilidad social y económica apunta a un sector bien caracterizado de la población costarricense. Es un grupo desposeído, poco productivo, dependiente y desplazado por su género.

2.2. AMENAZA ACTUAL (Retana et al, 2011)

En este estudio, la amenaza está referida a las situaciones extremas de la precipitación anual: exceso y déficit. La lluvia es un recurso natural que puede ser aprovechado en beneficio del ser humano, sin embargo sus manifestaciones extremas amenazan el desarrollo social y la estabilidad económica de los pueblos. Los extremos pueden generar inundaciones o sequías, produciendo impactos negativos en sistemas vulnerables. Para expresar la lluvia anual como una amenaza, se construyó un índice cantonal a partir del siguiente modelo:

IAC: $ee + fi + int + cob + fe$ donde:

IAC: Índice de Amenaza Climática

ee: porcentaje del área del cantón con núcleos importantes de lluvia (exceso o déficit)

fi: frecuencia de impactos (sequías o inundaciones)

int: intensidad del evento (porcentaje sobre o bajo el promedio histórico)

cob: cobertura espacial relativa del evento (extensión del área afectada)

fe: frecuencia de aparición de eventos extremos

Las sequías y las fuertes lluvias en Costa Rica son recurrentes pero no tienen un período fijo de aparición, aunque en el caso de las lluvias, la estacionalidad marca un período anual más definido. Los extremos están asociados a fenómenos de variabilidad climática. Por ejemplo, el evento El Niño-Oscilación Sur, es el causante de la mayor parte de las sequías experimentadas principalmente en el Pacífico Norte y la Región Central, mientras que el fenómeno de La Niña, favorece normalmente la presencia de eventos atmosféricos que provocan fuertes precipitaciones en el Pacífico del país. Los frentes fríos son los causantes de fuertes lluvias, bajas temperaturas e inundaciones en las partes planas del litoral Caribe y la Zona Norte.



Las lluvias en exceso o deficitarias impactan diferencialmente el territorio nacional. La orografía es uno de los principales factores que influyen sobre la distribución espacial de las lluvias. Por tanto, dependiendo del fenómeno de variabilidad climática, del período del año donde se produce y de las características del relieve donde impactaría, se van a poder diferenciar zonas del país cuya recurrencia histórica de este tipo de extremos queda registrada no solo en los récords de lluvia, sino en su paisaje. Las variaciones extremas de la precipitación son parte de la historia climática de nuestro país y han ayudado a modelar el paisaje natural de las diferentes regiones.

En la figura 3 se presenta el resultado de la amenaza por eventos extremos secos y lluviosos a nivel cantonal. Los mapas resumen frecuencia e impactos, por lo que muestran un comportamiento histórico de la amenaza. Mientras que la distribución de la amenaza por eventos secos extremos está delimitada principalmente al noroeste y centro del país, los extremos lluviosos tienen una distribución más amplia y su posibilidad de impacto es más extendida a nivel nacional. A pesar de esta distribución, es importante acotar que ninguna zona del país está exenta de ser impactada por alguno de estos extremos de lluvia.

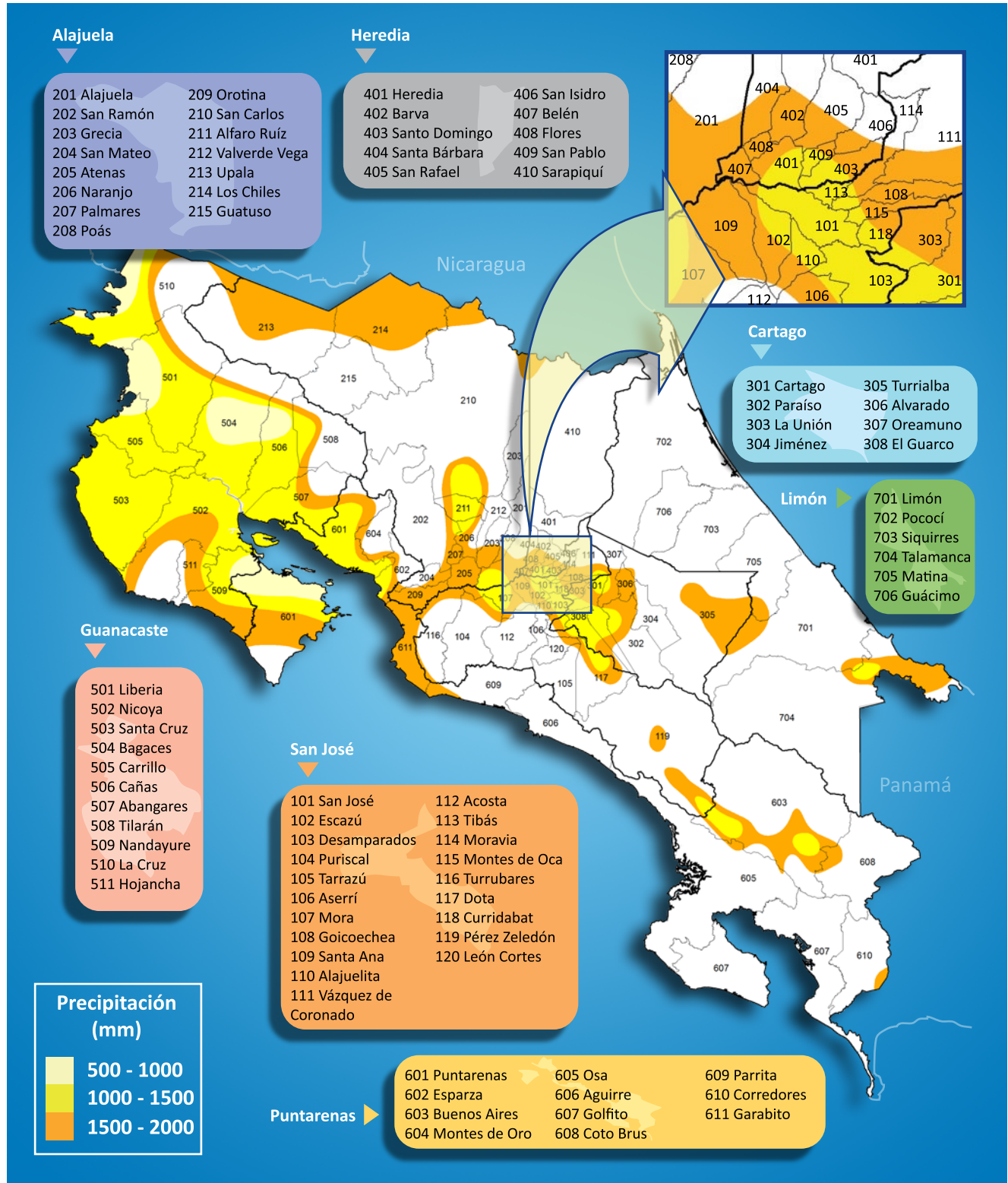
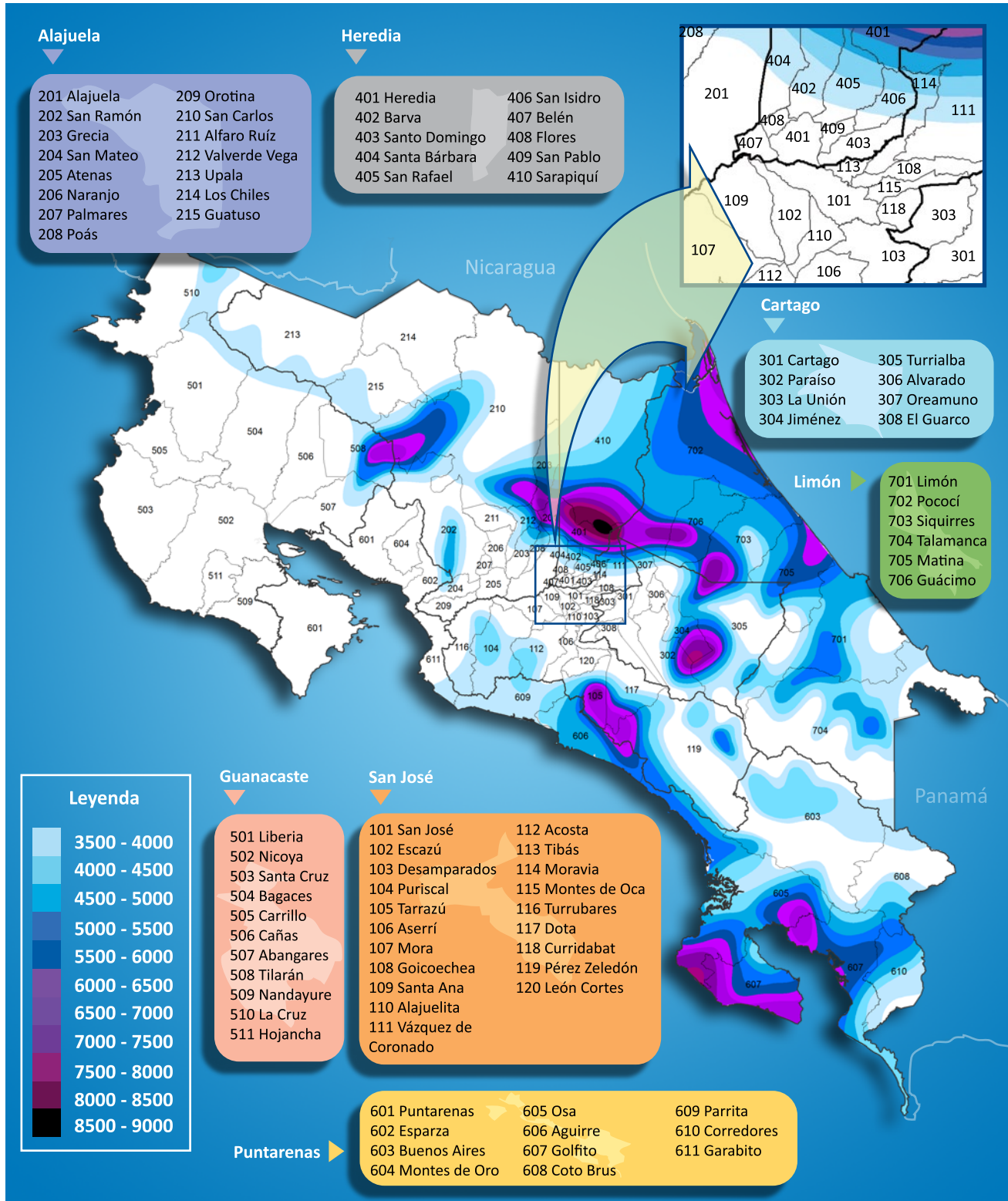


Figura 3. Índice de amenaza climática.





2.3. RIESGO ACTUAL (Retana et al, 2011)

El concepto clásico del riesgo lo define como la probabilidad de perder si un evento sucede. En el caso del riesgo climático, se entiende que es la posibilidad de perder un bien, si un evento hidrometeorológico extremo impacta negativamente una actividad socio productiva o una zona geográfica particular. Matemáticamente, el concepto se construye con la expresión:

$$\text{Riesgo} = f(\text{amenaza, vulnerabilidad})$$

Cualquier área geográfica de Costa Rica tiene riesgo de que un evento extremo cause una sequía o una inundación que ponga en peligro el acceso al agua potable y por lo tanto, afecte el desarrollo humano y de las comunidades, especialmente aquellas más vulnerables. Todo el país debe estar preparado, pero, comparativamente, existen zonas de mayor riesgo climático y deben ser identificadas para priorizar medidas de adaptación.

El riesgo climático que se identificó responde a dos escenarios extremos de clima: uno lluvioso y otro seco. Ambos escenarios han sido recurrentes en la historia climática extraída de los registros meteorológicos de los últimos 30 o 40 años. Los eventos de variabilidad climática que han generado estos escenarios son variados en origen y escala de tiempo: desde las fases de ENOS (El Niño, La Niña) que duran años, hasta sistemas ciclónicos de unos cuantos días de desarrollo. En este análisis se toman en cuenta dos extremos hídricos: una sequía prolongada o inundaciones por la salida del cauce de los ríos. Los impactos han sido variados y han afectado sectores importantes de la economía. El sistema social y productivo del país ha demostrado ser vulnerable ante estos eventos que han puesto de manifiesto que el exceso o el déficit del agua proveniente de la lluvia, altera todo el mecanismo de gestión hídrica.

2.3.1. RIESGO POR EVENTOS EXTREMOS SECOS

En el caso de eventos extremos secos, las zonas de mayor riesgo se presentan en el Pacífico Norte y Zona Norte hacia el lago de Nicaragua. Se extiende por la vertiente pacífica y hacia el sur de la Región Central. En estas zonas es posible encontrar algunos patrones de alta vulnerabilidad. En el cuadro 2, se presentan los cantones de mayor riesgo. A cada cantón se asocian solo aquellos indicadores que tienen una alta vulnerabilidad (sombra roja). Se agrega además, una columna que evalúa el Índice de Desarrollo relativo al Género (IDG) que pretende evidenciar aquellas zonas donde la equidad puede sumarse como variable importante de vulnerabilidad, en relación a los resultados de riesgo obtenidos.



Cuadro 2. Indicadores de alta vulnerabilidad en los cantones de mayor riesgo ante eventos extremos secos.

CANTONES DE MAYOR RIESGO	COMPONENTES E INDICADORES DE VULNERABILIDAD														
	INFRAESTRUCTURA				SERVICIOS					CONDICION HUMANA					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	IDG
.Zona 1 de alto riesgo: Noreste, Sur y Pacífico Central															
La Cruz	■						■		■		■	■	■		■
Parrita		■			■					■	■	■	■	■	■
Buenos Aires	■	■		■			■		■		■	■	■		■
Upala	■	■			■			■		■		■	■		■
Los Chiles	■	■					■		■		■	■	■		■
Guatuzo	■	■							■		■	■	■		■
Turrubares										■	■	■	■	■	
Pérez Zeledón								■	■						
Zona 2 de alto riesgo: Central															
Mora							■		■						
San José					■	■	■								
Desamparados				■	■	■	■								
Alajuelita				■	■	■	■								
Cartago			■			■									
Puntarenas						■									
Zona 3 de alto riesgo: Pacífico Norte															
Nicoya	■										■				
Cañas	■								■						
Liberia				■											
Carrillo					■						■				
Santa Cruz					■						■			■	
Hojancha		■		■						■			■	■	
Nandayure		■		■							■		■		
Bagaces	■			■					■		■				
Tilarán									■					■	
Abangares	■										■				

- | | | | |
|---|------------------------------------|----|---|
| 1 | Viviendas en mal estado | 8 | Viviendas sin electricidad |
| 2 | Viviendas sin acueducto | 9 | Consumo de agua del sector agropecuario |
| 3 | Viviendas con tanque séptico | 10 | Población dependiente |
| 4 | Infraestructura vial | 11 | Población discapacitada |
| 5 | Area sin zonas protegidas | 12 | Indice de desarrollo humano |
| 6 | Disponibilidad de agua por persona | 13 | Necesidades básicas insatisfechas |
| 7 | Habitantes por EBAIS | 14 | Defunciones por IRAS |



La Zona 1 de alto riesgo se caracteriza por sus bajos niveles de desarrollo humano y pobreza, carencias de vivienda digna sin servicios de electricidad y agua potable por acueducto. Estos cantones son los que presentan un menor índice de equidad de género, asociado a sus condiciones de vulnerabilidad. En cuanto a la amenaza, la magnitud de los eventos, la cobertura y el período de retorno no es tan grande como en la zona 3, que corresponde a Guanacaste. Sin embargo, la frecuencia de aparición de sequías en la Zona Norte, se ha vuelto más frecuente en los últimos 10 años.

La Zona 2 de alto riesgo, comprende cantones de la región central del país. Se caracterizan por bajos niveles en los servicios, principalmente la poca cobertura boscosa, pocos centros de atención básica de salud y un bajo nivel de disponibilidad de agua por persona. Evidentemente estos problemas son relativos a la concentración de la población en estos cantones. Comparativamente, cuando se presentan sequías en esta zona, la cobertura o área de expansión del fenómeno, tiende a ser mayor que en Guanacaste. El período de retorno es corto.

La Zona 3 de alto riesgo se ubica geográficamente en el Pacífico Norte de Costa Rica, provincia de Guanacaste. Los mayores problemas de vulnerabilidad son diversos, sin un patrón definido, aunque mayoritariamente se encuentran en los componentes de infraestructura y condición humana. La amenaza en esta zona es alta. Presenta la mayor magnitud y frecuencia de eventos. En la figura 4 se presenta la distribución espacial del riesgo ante eventos extremos secos.

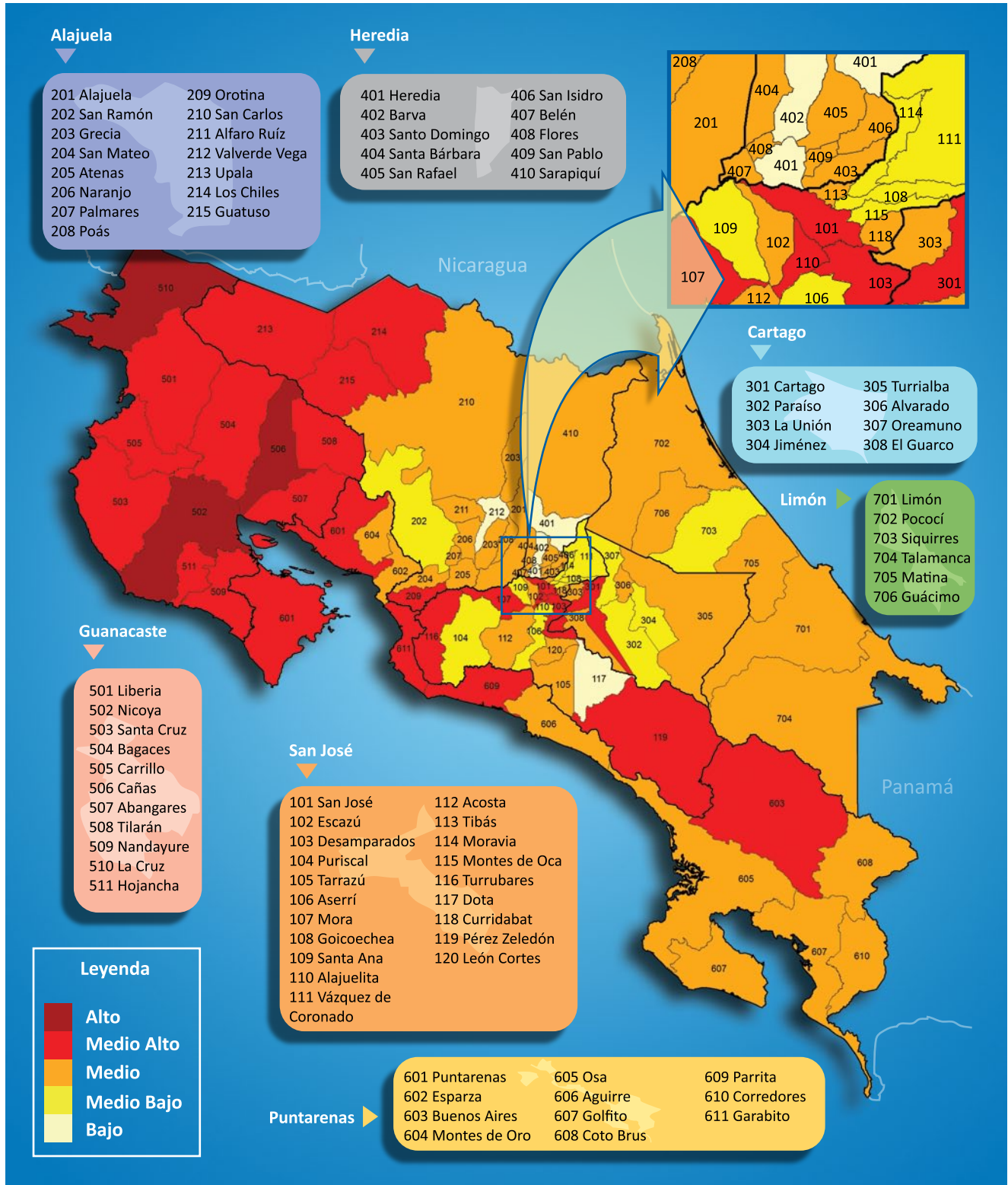


Figura 4. Riesgo climáticante eventos extremos secos.



2.3.2. RIESGO POR EVENTOS EXTREMOS LLUVIOSOS

En forma general abarca la zona norte fronteriza, todo el litoral Caribe y la costa del Pacífico Central y Pacífico Sur. En cuanto a las vulnerabilidades de estas áreas, en el cuadro 3 se presenta para cada uno de los cantones de mayor riesgo, aquellos indicadores que tienen una alta vulnerabilidad (sombra azul). Se agrega además, una columna que registra el Índice de Desarrollo relativo al Género (IDG) que pretende evidenciar aquellas zonas donde la equidad puede sumarse como variable importante de vulnerabilidad, en relación a los resultados de riesgo obtenidos.

Cuadro 3. Indicadores de alta vulnerabilidad en los cantones de mayor riesgo ante eventos extremos lluviosos.

CANTONES DE MAYOR RIESGO	COMPONENTES E INDICADORES DE VULNERABILIDAD														
	INFRAESTRUCTURA				SERVICIOS					CONDICION HUMANA					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	IDG
Zona 1 de alto riesgo: Norte y Caribe															
Upala	■	■						■	■	■	■	■	■		■
Guatuso	■	■						■		■	■	■	■		■
Los Chiles	■	■		■				■		■		■	■		■
Sarapiquí	■	■		■				■	■	■		■	■		■
Matina	■	■								■		■	■		■
Pococí		■		■							■	■	■		■
Siquirres	■	■								■					
Talamanca	■	■		■				■		■		■	■		■
Zona 2 de alto riesgo: Pacífico															
Nicoya	■				■						■				
Cañas	■								■						
La Cruz	■							■		■		■	■		■
Parrita		■			■						■	■	■	■	■
Osa	■	■						■		■	■			■	
Aguirre	■														
Golfito	■	■						■					■		
Corredores	■	■			■					■	■	■			
Zona 3 de alto riesgo: No relacionados geográficamente															
Tarrazú				■						■					■
Limón				■										■	■
Turrubares											■	■	■	■	
Pérez Zeledón									■	■					
Jiménez									■						
Turrialba									■						
Garabito	No presenta indicadores de alta vulnerabilidad														



Continuación de Cuadro 3. Indicadores de alta vulnerabilidad en los cantones de mayor riesgo ante eventos extremos lluviosos.

1	Viviendas en mal estado	8	Viviendas sin electricidad
2	Viviendas sin acueducto	9	Consumo de agua del sector agropecuario
3	Viviendas con tanque séptico	10	Población dependiente
4	Infraestructura vial	11	Población discapacitada
5	Area sin zonas protegidas	12	Índice de desarrollo humano
6	Disponibilidad de agua por persona	13	Necesidades básicas insatisfechas
7	Habitantes por EBAIS	14	Defunciones por IRAS

La vulnerabilidad de los cantones de alto riesgo ante eventos extremos lluviosos está compuesta principalmente por factores de condición humana e infraestructura. En el componente de servicios destacan solo los indicadores de viviendas sin electricidad y la competencia por el recurso hídrico que hace el sector agropecuario. Con el fin de entender mejor la dinámica socioeconómica en estos cantones, se pueden identificar tres zonas de alto riesgo con un cierto patrón de vulnerabilidad.

La Zona 1 de alto riesgo está compuesta por los cantones fronterizos de la Zona Norte (con excepción de San Carlos) y la mayor parte de la vertiente Caribe. Se caracteriza por sus bajos niveles de desarrollo humano y pobreza, carencias de vivienda digna sin servicios de electricidad y agua potable por acueducto, con una importante población dependiente e inequidad en relación al género. La magnitud de los eventos extremos lluviosos, la cobertura y la frecuencia de eventos es muy similar en todas las regiones, sin embargo la cobertura (extensión) en el Caribe es alta.

La Zona 2 de alto riesgo, comprende cantones costeros hacia el Pacífico, desde el norte hasta el sur. El patrón de vulnerabilidad es semejante al de la zona 1, sin embargo es menos acentuado en su condición humana. La carencia de una vivienda digna sin servicios de electricidad o agua potable por acueducto son características generales.

La Zona 3 en realidad agrupa todos los cantones restantes. No guardan relación geográfica y el patrón de vulnerabilidad no es claro.

La figura 5 presenta la distribución espacial del riesgo ante eventos extremos lluviosos. Mientras que solo tres cantones tienen alto riesgo por eventos secos, existen 9 cantones con alto riesgo por eventos lluviosos extremos: Upala y Guatuso en la Zona Norte, todo el Caribe con excepción de Limón y Talamanca, al sur está Osa y en el Pacífico central Parrita y Tarrazú.

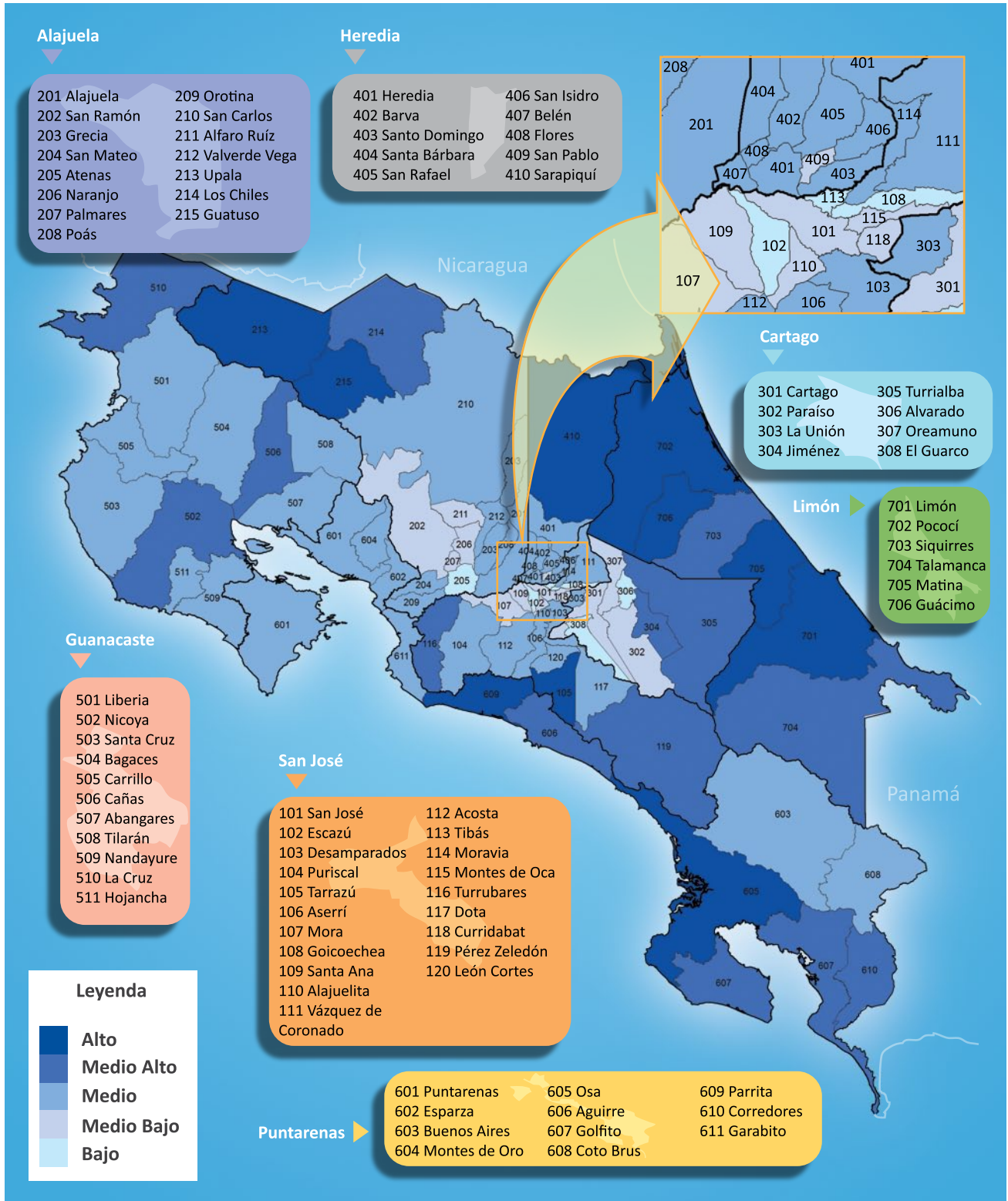


Figura 5. Riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.



3. ESCENARIO FUTURO

Las proyecciones futuras de condiciones actuales son un reto para los investigadores del cambio climático. Las incertidumbres que las rodean son producto de las herramientas y métodos de análisis, la calidad de la línea base (riesgo actual) que es el punto de partida para establecer los cambios y los factores externos o motores de cambio que influyen significativamente sobre el rumbo de las comunidades y que son difícilmente modelables.

El escenario que se presenta en este estudio corresponde a un análisis de riesgo futuro, explicado a partir de los componentes de vulnerabilidad y amenaza proyectados al año 2030. Los resultados son descriptivos.

3.1. VULNERABILIDAD FUTURA (Echeverría, 2011)

La proyección futura de la vulnerabilidad es un ejercicio complejo, multifactorial, rodeado de mucha incertidumbre, pero que dibuja la ruta crítica por la que deben pasar los pensamientos coherentes de adaptación. La interpretación de este escenario futuro brinda luces y fundamentos técnicos para la toma de decisiones.

Echeverría (2011) utilizó un grupo de indicadores para estimar la vulnerabilidad futura a partir del conjunto de variables usado por Retana *et al* (2011) para analizar el riesgo actual. Utilizó 7 de los 15 indicadores propuestos originalmente más el Índice de Potenciación de Género (IPG) y la densidad de población. Las proyecciones que realizó fueron basadas en un mejor desempeño del Índice de Desarrollo Humano a futuro. Los indicadores que mayor aportaron al cambio (comparación entre vulnerabilidad actual (2010) y futura (2030) fueron el potencial hídrico per cápita y el porcentaje de áreas protegidas, combinados con el nuevo indicador de densidad de población. De esta forma, un cantón cuya vulnerabilidad actual es alta, puede variar a niveles significativamente menores en la estimación futura debido al mejor desempeño del IDH (ligado generalmente al IPG) y donde la cantidad de habitantes del cantón va a tener un peso decisivo.

El escenario socio económico se basa en un alto desarrollo humano. Visualiza una sociedad costarricense que ha logrado avanzar por el camino del desarrollo sostenible, y que ha invertido en ampliar su sistema de áreas protegidas, logrando al mismo tiempo la protección de los recursos hídricos. En realidad, esta ha sido la tendencia del país desde el último cuarto del siglo XX, cuando se pasa de una economía agrícola y pecuaria a una basada en el turismo ecológico, en el que la biodiversidad en función del paisaje y los servicios, juega un papel muy importante. Echeverría propone que uno de los principales motores de cambio, como es la propuesta GRUAS II, se implementa en un 100% al 2030. Esto significa que se agregan al sistema 712000 hectáreas bajo distintas clases de protección. Ahora bien, el recurso hídrico no solo es protegido por la extensión y consolidación de áreas de cobertura boscosa, sino que



el avance en el desarrollo del alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, merced a proyectos de inversión y aplicación eficiente de la legislación actual, hacen disminuir la contaminación de aguas superficiales y profundas. Tal y como se proyecta actualmente, el principal motor que es la Fase I del Alcantarillado Metropolitano para el tratamiento de las aguas residuales del GAM se implementa, logrando disminuir el promedio nacional de viviendas que usan tanque séptico a 60%.

Aunado a esta tendencia, la meta de llegar a ser una economía baja en emisiones, está siendo alcanzada. Estos procesos hacia el desarrollo sostenible se reflejan en mejores condiciones de vida, aumentando el IDH. De hecho, la tendencia histórica de este indicador desde mediados de los noventa hasta el 2010, es de aumentar un 1% anualmente. El país alcanza una recuperación económica importante, sin embargo, a pesar de que la población se estabiliza en el 2020 (1,6 hijos por pareja), hacia el 2030 se presenta la mayor tasa de población dependiente (0,51). La estabilización de la población ayuda a contrarrestar la disminución en un 5% del agua destinada a consumo poblacional al 2030. A pesar de que Echeverría propone este escenario de Alto Desarrollo Humano, algunas de las metas planteadas no se materializan en su totalidad para el horizonte de tiempo definido.

En términos generales la vulnerabilidad mejora hacia el 2030 de acuerdo con la agregación de los siete indicadores usados. Tal y como se presenta en el cuadro 4, para los escenarios propuestos y más probables de acuerdo con Echeverría (2011), los indicadores de potencial hídrico y densidad de población son los que empeoran su registro hacia el 2030. Es básicamente un problema de crecimiento demográfico, concentración residencial y disminución del potencial hídrico.

Cuadro 4. Condición de los indicadores de vulnerabilidad futura al 2030 en comparación a su registro en el 2010.

Indicador de vulnerabilidad	Escenarios Propuestos al 2030		
	Retroceso	Tendencia normal	Alto Desarrollo
IDH	empeora	mejora	mejora
IPG	empeora	mejora	mejora
Uso de Tanque Séptico	sin cambios	mejora	mejora
Áreas Protegidas	sin cambios	mejora	mejora
Densidad de población	empeora	empeora	empeora
Potencial Hídrico	empeora	empeora	empeora
Población discapacitada	sin cambios	mejora	mejora



3.2. AMENAZA FUTURA (Echeverría, 2011)

La construcción de escenarios futuros de clima es una de las primeras acciones para realizar evaluaciones de riesgo y adaptación al cambio climático, especialmente en el contexto de los impactos potenciales en los sectores claves de un país o una región (Alvarado 2006).

Los resultados obtenidos en este proyecto son similares a los encontrados en estudios anteriores (Alvarado, 2005; Alvarado 2006, Stolz et al 2005; IMN 2008), sin embargo, la mejor resolución desarrollada, permite definir con mayor detalle el panorama futuro. También se mejoró la escala temporal de los análisis al generar resultados a nivel anual, estacional, trimestral y mensual. Otro valor agregado son las explicaciones físicas e hipótesis del comportamiento de los escenarios futuros.

De acuerdo con los resultados, tanto la variabilidad climática como la circulación general de la atmósfera experimentarán cambios significativos, que son los responsables de las variaciones en la precipitación anual y mensual observada en la simulación del clima futuro.

Alvarado *et al* (2011) cita que Costa Rica, y en general toda Centroamérica, son los “puntos calientes” más prominentes del Trópico en el tema de cambio climático, debido a la disminución de las precipitaciones en el trimestre junio-agosto, observada en los registros históricos y en simulaciones de 20 modelos globales usando diferentes escenarios de emisiones (Chen et al., 2004; Neelin et al., 2006; Trenberth et al. 2007). Sin embargo no puede esperarse que el clima de Costa Rica responda de manera homogénea, por lo que el escenario futuro de un clima más seco en todo el país no es consistente y razonable con el conocimiento actual de la variabilidad climática. Si las condiciones de variabilidad siguen dominando la expresión anual del clima, existen múltiples fenómenos que pueden aumentar o disminuir su frecuencia e intensidad. Por tanto, el clima de Costa Rica se verá sometido a extremos secos y lluviosos.

Los resultados obtenidos indican que las zonas más secas se relacionan también con las zonas más cálidas durante el día, mientras que un aumento en las precipitaciones en las zonas más lluviosas, generará mayor vapor de agua que puede provocar que la temperatura durante la noche aumente más fuertemente por efecto de retención de radiación de onda larga (la que emite la Tierra hacia el espacio durante la noche).

Para el período de tiempo comprendido entre el 2011 y el 2040, en el **Caribe** se estiman aumentos de precipitación. Es posible que el porcentaje de aumento sea mayor en el Caribe Sur y menor en el Caribe Norte. Las variaciones estacionales serán muy marcadas. Los resultados a largo plazo muestran disminuciones de hasta un 30% en el período noviembre-febrero, sin embargo, entre junio y agosto, las lluvias aumentarían sobrepasando el promedio actual. En el mediano plazo se estima que para el trimestre mayo-julio, el máximo incremento en el centro de la Vertiente del Caribe sea entre 35% y 75%. Las disminuciones estarían relacionadas con una menor actividad de frentes fríos durante el invierno, mientras que los aumentos se relacionan con una mayor intensidad de los vientos Alisios durante el verano.



En la vertiente del **Pacífico y en la Zona Norte**, el modelo estima menos precipitaciones que en el clima actual. Se espera que las disminuciones sean mayores en el Pacífico Norte, luego en el Valle del General y déficits semejantes en el Valle Central y Zona Norte. La única excepción a este comportamiento deficitario se presentaría al sur de la Fila Costeña (Palmar Sur, Osa, Golfito, Coto, Burica), donde habría un incremento de precipitaciones.

En cuanto a variaciones estacionales en el Pacífico, la precipitación disminuirá durante el trimestre junio-agosto (que corresponde con la temporada de verano del hemisferio norte). La principal reducción se presentaría en lo que actualmente se conoce como el primer máximo de lluvia del régimen del Pacífico, en el mes de junio. Existe la hipótesis de que este cambio es una indicación de un inicio más temprano o una mayor intensificación de los veranillos de julio y agosto (Rauscher *et al.*, 2008) como consecuencia de cambios prematuros en la intensidad y extensión longitudinal de la dorsal del anticiclón semipermanente del Atlántico subtropical.

De acuerdo con los resultados obtenidos, en la figura 6 se resumen las modificaciones más notorias en el patrón climático de las vertientes del país y que podrían ser las responsables de los cambios en la precipitación mensual estimados por el modelo.

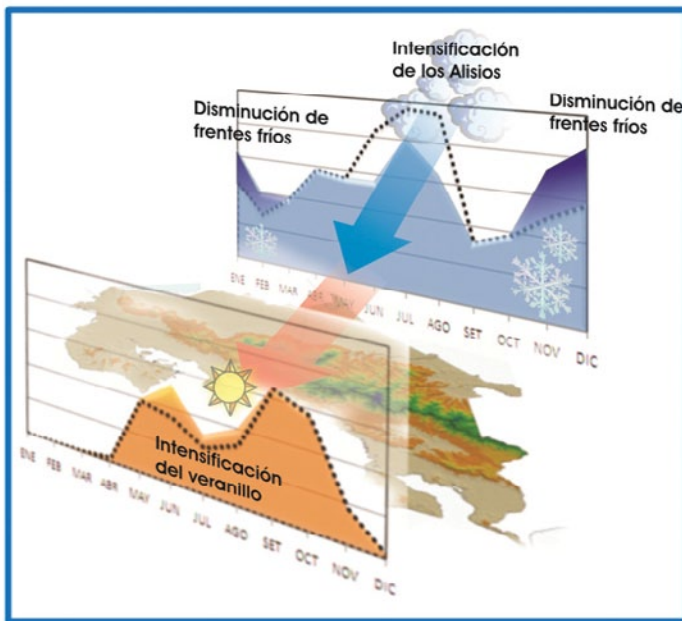


Figura 6. Esquema de la variación mensual de la lluvia proyectada para el período 2011-2040 para las dos vertientes de Costa Rica. Clima actual (área). Clima futuro (línea punteada).

Por una parte, la intensificación de los vientos Alisios durante el trimestre junio-agosto explicaría el aumento de precipitación en el Caribe y la disminución en el Pacífico. Los vientos soplan del noreste, dejando la humedad a barlovento de la cordillera de Talamanca y la Volcánica Central. El viento seco pasa hacia el Pacífico impidiendo que penetren los vientos húmedos del suroeste. El otro elemento de cambio, es la disminución en la frecuencia de frentes fríos durante los meses de noviembre a febrero, que sería el factor responsable de la disminución de la precipitación del Caribe.



De acuerdo con la figura 7, las mayores disminuciones porcentuales de la precipitación anual se percibirán hacia el Golfo de Papagayo y la Península de Santa Elena, donde el déficit sería de un 15% anual. El resto del Pacífico Norte, la franja fronteriza de la Zona Norte y el Valle de El General, experimentarían disminuciones del 5 al 10% en promedio anual. Por otra parte para la vertiente Caribe, se proyectan aumentos entre un 5 y un 10%. Estos cambios son estimados para el promedio anual y deben ser bien interpretados a la luz de mecanismos de adaptación. En el caso de las sequías, por ejemplo, el IMN-CRRH (2008), estimó que para el período 1960-1991 se requería de una disminución promedio de 22% en la lluvia anual, para que un año se considerara un evento extremo seco. Una estimación más reciente (Retana *et al* 2011), usando la misma metodología pero contemplando el período 1960-2009 estima que una disminución del 17% en promedio para el país, ya sobrepasa el umbral crítico para declarar un año como evento extremo seco. Estos cambios observados en la norma a partir de la cual se miden los casos extremos, hace pensar que las proyecciones para los próximos 20 años de una reducción o un aumento en la lluvia anual (que actualmente parecen entrar dentro de rangos de variación normal), pueden acercarnos cada vez más a escenarios críticos. Por otra parte, si los cambios en el promedio obedecen a variaciones en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, el período de adaptación de los sistemas debe de acortarse en el tiempo.

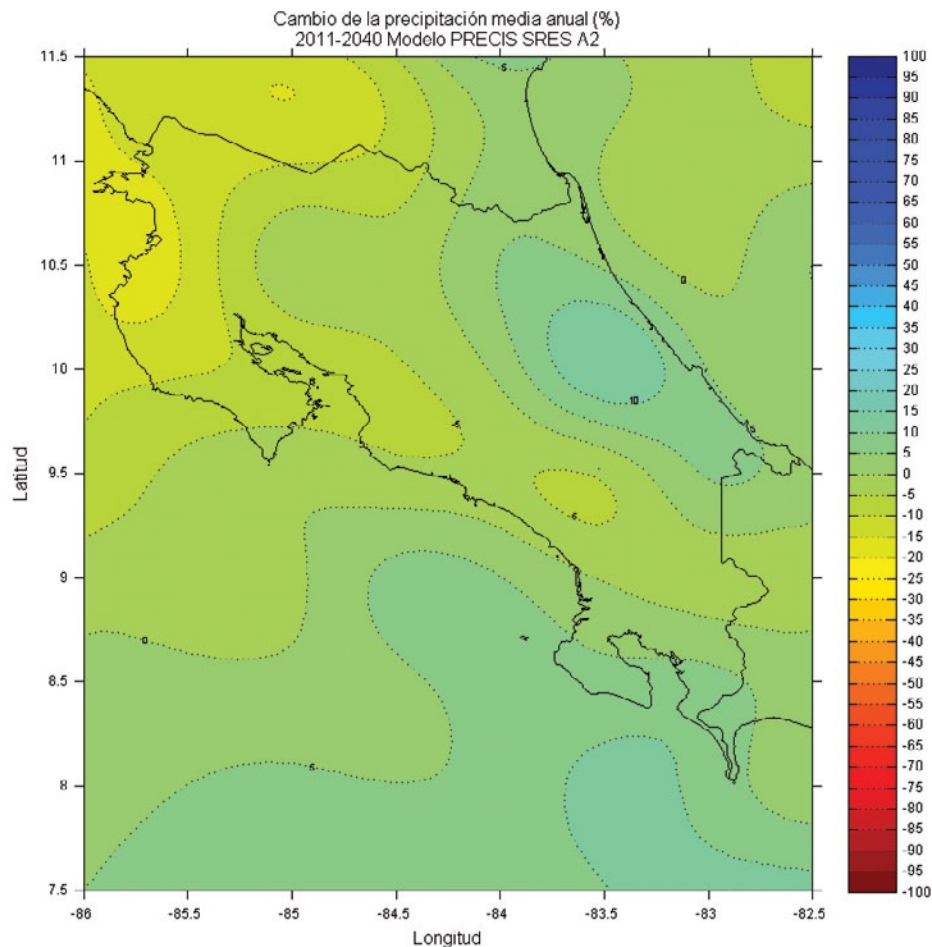


Figura 7. Cambio de la precipitación media anual (%) para el período 2011-2040, según el modelo PRECIS SRES bajo un escenario de emisiones A2. Fuente: Alvarado et al 2011.



3.3. Riesgo Futuro (Retana, 2011)

El riesgo climático futuro descrito es diferencial de acuerdo a la región climática, las condiciones de vulnerabilidad de los cantones y el período del año. La época seca del Pacífico, amenaza la oferta hídrica, presionada por un aumento en la demanda debido al aumento de población. Esta condición de riesgo será más pronunciada en el Pacífico Norte y en la Región Central. Para esa misma época, el régimen del Caribe puede experimentar una disminución de lluvias que podría resultar beneficiosa, siempre y cuando se reduzca la intensidad o la frecuencia de eventos extremos lluviosos causantes de inundaciones, siendo los grupos de población de bajo IDH desde la frontera norte hasta el Caribe Sur, asociados a carencias en infraestructura, servicios y oportunidades, los grandes beneficiados sociales si se presenta esta situación.

El nuevo período crítico que se proyecta es para el trimestre junio-agosto. Si las disminuciones de lluvia esperadas para junio, son el preludio de veranillos más fuertes e intensos, los cantones de menor desarrollo se enfrentarán a un extenso período seco compuesto por dos etapas

- a. Los primeros meses del año que climatológicamente son secos.
- b. Veranillos o canículas más intensos.

Este período estará separado por un modesto inicio de temporada lluviosa entre mayo y junio. Los cantones de mayor población, con grupos dependientes, se verán seriamente amenazados por la disponibilidad del recurso hídrico. Nuevamente, el Pacífico Norte, la Región Central y parte del Pacífico Central serán las regiones de mayor riesgo. Mientras tanto, en el mismo período pero hacia el Caribe, el panorama es muy diferente. La mayor actividad de vientos Alisios provocará aumentos en la precipitación del período, amenazando las poblaciones vulnerables, con bajo IDH en toda la vertiente Caribe y Zona Norte, principalmente los asentamientos humanos cercanos a las extensas llanuras de inundación.

La caracterización del máximo período lluvioso del Pacífico (setiembre-octubre) relacionado con el mínimo período lluvioso en el Caribe, no es claro en los escenarios calculados por Alvarado *et al* (2011). Sin embargo, la disminución de la actividad de frentes fríos que es la responsable de la reducción de la lluvia en el Caribe y Zona Norte a partir de noviembre hace prever un panorama favorable para el riesgo social asociado a eventos extremos lluviosos que pueden provocar inundaciones. Las consideraciones de esta disminución en sectores usuarios del recurso hídrico como por ejemplo la agricultura, la energía o la industria, no forman parte de las consideraciones de riesgo de este estudio, sin embargo, efectos negativos en estas actividades productivas, van a condicionar las posibilidades de desarrollo de las comunidades en general.

En el cuadro 5 y 6 se presenta un resumen del análisis de riesgo futuro de acuerdo con los componentes de vulnerabilidad y amenaza para las regiones climáticas de Costa Rica.



Cuadro 5. Escenario de riesgo climático futuro para la vertiente Pacífica y Región Central de Costa Rica.

Escenario	Región	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Escenario climático (amenaza)	Vertiente Pacífica	Mayor temperatura diurna en las zonas más secas del país: Pacífico Norte y Región Central Oriental. El Valle de El General es la segunda zona de mayor disminución de lluvias					Disminuye la lluvia en junio. Aumenta la intensidad y duración del veranillo			Se mantiene este período como el más lluvioso producto de sistemas ciclónicos en el Caribe.			Inicio época seca
	Al sur de la Fila Costeña se espera un aumento de las precipitaciones anuales												
Escenario socioeconómico (vulnerabilidad)	Pacífico Norte	La Península de Nicoya posee la mayor población dependiente, con altos requerimientos hídricos para su atención								Condiciones de pobreza potencian vulnerabilidad ante lluvias			
	Pacífico Central	Parrita es el cantón de menor IDH, junto a cantones de las zonas altas como Tarrazú y Dota.								San Mateo con alta población dependiente			
	Pacífico Sur	Pérez Zeledón con mayor población total y adulta mayor.								Buenos Aires, Pérez Zeledón, Coto Brus, Corredores con bajo IDH			
	Región Central	Desamparados, Alajuela y Alajuelita con bajo IDH, alta proporción de población dependiente. Región de alta densidad poblacional exigente de servicio de agua potable. La Región Central Oriental es de las menos vulnerables comparativamente.								Cabeceras de provincia con alta densidad poblacional y grupos dependientes			
Escenario futuro (riesgo climático)	Pacífico Norte	El aumento de temperatura diurna junto a los meses más secos del año, ponen en riesgo los grupos vulnerables dependientes: niños y adultos mayores sobre todo en la Península de Nicoya y en Puntarenas por su alta densidad poblacional. El recurso hídrico se ve presionado por las necesidades básicas de salud de estas poblaciones.								Cabeceras de provincia con alta densidad poblacional y grupos Los asentamientos humanos en las llanuras de inundación tienen alto riesgo de ser impactados: Cañas, Nicoya, Santa Cruz, Carrillo, Nandayure.			
	Pacífico Central	El cantón de Parrita y algunas partes de los cantones de León Cortés, Dota y Tarrazú, están en alto riesgo de ser impactado por efectos de sequías extendidas o períodos secos severos, dado los niveles de amenaza y su bajo IDH.								El cantón de Parrita puede ser impactado por lluvias extremas e inundaciones. El riesgo se incrementa por la poca respuesta asociada al bajo IDH.			
	Pacífico Sur	Los cantones de Pérez Zeledón, Buenos Aires y Coto Brus pueden ser impactados por sequías y altas temperaturas diurnas y nocturnas durante períodos de sequía que ponen en riesgo poblaciones de bajo IDH y grupos de adultos mayores								Los cantones de Corredores, Golfito y Osa pueden ser impactados por lluvias extremas, aún cuando su IDH no es tan bajo.			
	Región Central	Períodos secos prolongados y altas temperaturas diurnas ponen en alto riesgo los cantones más poblados, con un bajo IDH y grupos dependientes: Desamparados, Alajuelita y las cabeceras de provincia de San José, Heredia, Alajuela y Cartago. El recurso hídrico está presionado por el cambio de la oferta natural de agua y la demanda creciente.								La alta densidad poblacional y la falta de planificación territorial son dos variables importantes en el alto riesgo de inundaciones urbanas aún sin valores extremos de lluvia.			



Cuadro 6. Escenario de riesgo climático futuro para la vertiente Caribe y Zona Norte de Costa Rica.

Escenario	Región	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Escenario climático (amenaza)	Vertiente Caribe y Zona Norte	Disminuye la precipitación por baja actividad de frentes fríos		Tiende a aumentar la temperatura nocturna en todo el año			Aumenta la precipitación por aumento en la actividad de los vientos Alisios			Meses de menor lluvia		Disminuye la precipitación por baja actividad de frentes fríos	
Escenario socioeconómico (vulnerabilidad)	Caribe Norte y Sur	Todos los cantones de la provincia de Limón presentan bajos IDH, siendo Pococí el cantón más vulnerable dada su alta población al 2030 y proporción de grupos dependientes											
	Zona Norte	Los cantones fronterizos de Upala y los Chiles, junto a Guatuso, presentan bajos IDH que hacen vulnerable sus poblaciones ante eventos extremos. Por otra parte, San Carlos con un IDH medio presenta una alta población de adultos mayores, considerado uno de los grupos más vulnerables al clima											
Escenario futuro (riesgo climático)	Caribe Norte y Sur	Todos los cantones de la provincia de Limón están en riesgo de enfrentar meses más secos que podría ser beneficioso por una disminución en la frecuencia de inundaciones en estas Regiones.				El período de mayor frecuencia de inundaciones puede trasladarse hacia este período, poniendo en riesgo todos las poblaciones de los cantones de bajo IDH				La disminución de lluvias estacional junto a una baja actividad de frentes fríos puede disminuir la oferta del recurso hídrico.			
	Zona Norte	Los cantones fronterizos como Upala y Los Chiles tienen un alto riesgo de ser impactados por sequías más frecuentes debido a la baja actividad de frentes fríos.				San Carlos, Upala, Guatuso y Los Chiles son cantones que históricamente presentan inundaciones. Con excepción de San Carlos, el bajo IDH que presentan, limita sus respuestas ante eventos extremos lluviosos				Si la actividad de frentes fríos disminuye, diciembre se presenta como el mes de inicio de períodos secos prolongados afectando cantones pobres, con bajo IDH como lo son los fronterizos.			



4. ADAPTACIÓN

4.1. Red de observación del clima y monitoreo de cambio (Chacón, 2011)

Esta iniciativa constituye en sí la primer medida de adaptación planificada y realizada a partir del proyecto, ya que la caracterización de las variaciones del patrón climático (magnitud, intensidad, distribución espacial, frecuencia de eventos, probabilidad de impactos, período de retorno de eventos extremos) va a fortalecer la plataforma de conocimiento necesaria para sustentar las acciones en materia de prevención, atención y control de emergencias de carácter hidrometeorológico. Además debido al incremento de la variabilidad climática a consecuencia del calentamiento global, el monitoreo del comportamiento meteorológico permite fundamentar acciones encaminadas al diseño de estrategias de adaptación al cambio climático. A un mayor conocimiento de la amenaza, una mejor planificación de acciones tendientes a fortalecer la resiliencia de los sistemas más vulnerables. No es posible concebir escenarios futuros de clima modelados matemáticamente, sin una red de observación que de seguimiento y valide las proyecciones realizadas.

De acuerdo con Zárate (2008), Costa Rica fue el primer país de América Latina en incorporarse a la Red Internacional de Observaciones Meteorológicas establecida en el Primer Congreso Meteorológico Internacional celebrado en Viena en 1873. A partir de ese entonces, se han venido instalando diferentes redes de observación del clima que han respondido a los más diversos intereses y coyunturas. Tal y como concluyen Araya y Sanabria (2010), la actual red meteorológica nacional es asimétrica y deficitaria en su diseño y cobertura ya que refleja precisamente la variedad de “pensamientos históricos” que han girado alrededor del establecimiento de las estaciones. Como parte del presente proyecto, y con el objetivo principal de monitorear variaciones en los patrones climáticos que puedan ser atribuibles al calentamiento global, el IMN instaló una red de estaciones climatológicas que permite obtener datos con instrumentos especializados y en los lugares más aptos para el registro. Esta red de estaciones se centra en la detección oportuna y con altos estándares de confiabilidad de cambios significativos en los diferentes elementos meteorológicos. Dispone de instrumentos de alta precisión, cuyos datos serán contrastados periódicamente con los proporcionados por instrumentos patrón, con el fin de asegurar la calidad del dato a través de los años. Anteriormente se realizaron mediciones en las estaciones meteorológicas usuales, no obstante, se requerían estándares técnicos superiores a los normales para tener una mayor confiabilidad en las comparaciones con la línea base.

Estas estaciones de monitoreo de cambio climático están ubicadas en sitios con buena exposición, donde los datos no sean afectados por situaciones locales ajenas al clima como el crecimiento de las ciudades, disminución de zonas de amortiguamiento, aumento de las islas de concreto-calor, intervenciones por desarrollo, entre otras. Además, dada la protección legal de estos sitios de conservación, se asegura que las estaciones permanecerán por períodos largos de tiempo en ambientes no perturbados, pero contando con acceso a internet para que el usuario pueda obtener los datos en forma inmediata, por medio de la página web del IMN (www.imn.ac.cr). Todos estos factores fueron tomados en cuenta para instalarlas en los siguientes puntos: Parque Nacional Santa Rosa, Parque Nacional Palo Verde, Reserva Forestal Golfo Dulce, Parque Nacional Los Quetzales, Escuela de Agricultura de la Región del Trópico Húmedo (EARTH), Universidad para la Paz. (figura 8).

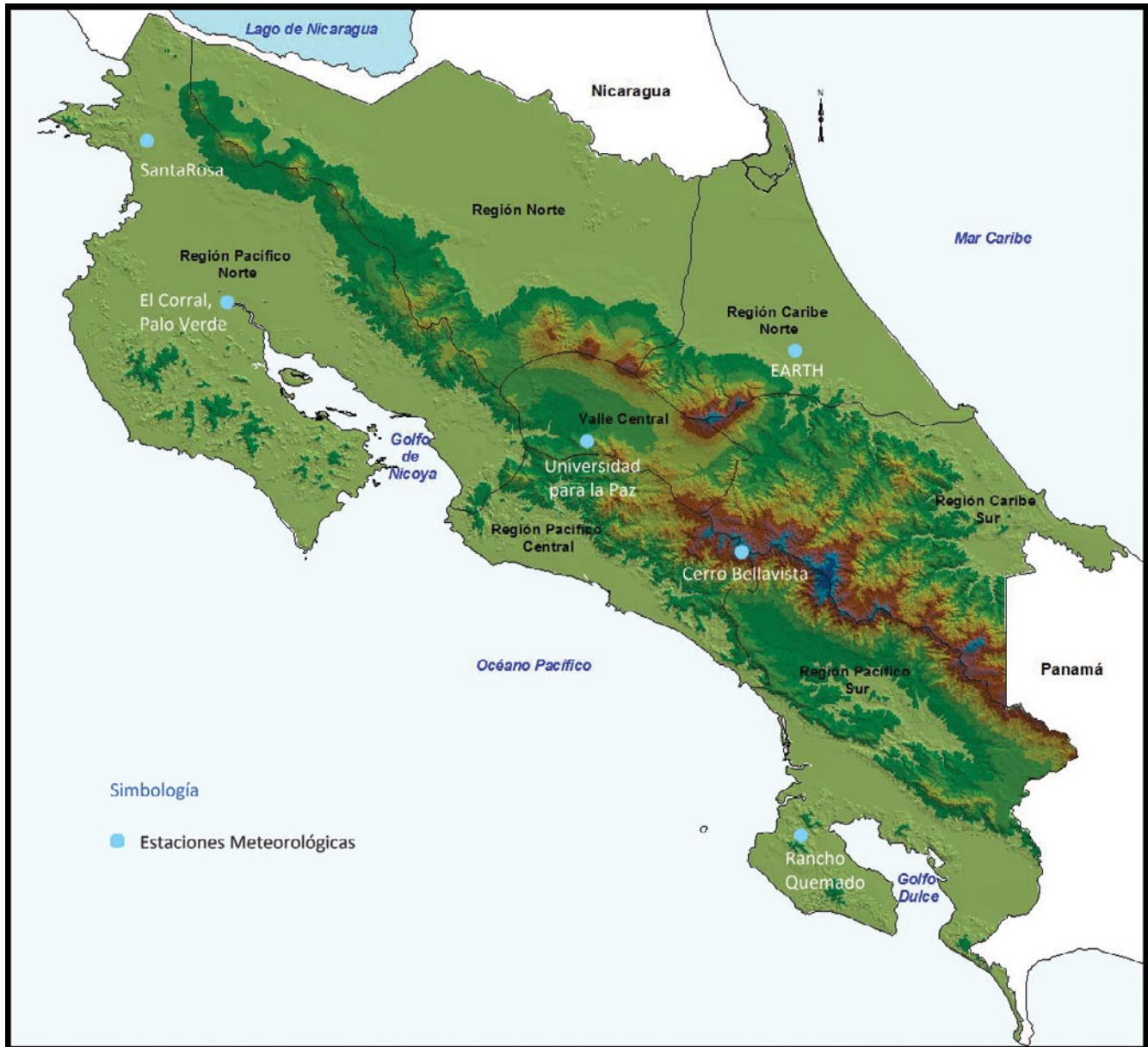


Figura 8. Distribución de las estaciones meteorológicas de detección del Cambio Climático en las diferentes regiones climáticas del país.

Las variables que se miden son: temperatura del aire (máxima y mínima), humedad relativa, precipitación, viento (velocidad y dirección), radiación solar y presión del aire. Evidentemente estos puntos de control deben de construir sus propias climatologías en las próximas décadas, sin embargo los datos son utilizables desde ya para estudios meteorológicos aplicados y comparación con climatologías próximas.



4.2. Medidas de adaptación (Pujol et al, 2012a)

En muchos casos, las estrategias de adaptación probadas por las experiencias de la evolución biológica y social, son más efectivas para enfrentar casos extremos que grandes inversiones en infraestructura. De hecho, Wilchez (2011) llama la atención al decir que la adaptación al cambio climático no es un problema de ingeniería civil. Es mucho más que eso y pasa por el modelo productivo y conductual de los pueblos. Sin embargo, hay casos de pequeñas intervenciones físicas que podrían ser efectivas. Por otro lado, las mejores estrategias de adaptación tienen fuertes componentes sociales, económicos, institucionales y políticos. La adaptación es multifactorial y a la vez es un ordenamiento integral de la actividad humana.

Las medidas de adaptación propuestas tienen como objetivo que la población logre reducir los efectos adversos del cambio climático en el sector hídrico y los impactos de éste sobre los sectores sociales, económicos y ambientales. Para ello se identificaron los principales vacíos y desafíos con que cuenta Costa Rica en este tema, a partir de los cuales se priorizaron medidas concretas. Estas fueron retroalimentadas con dos talleres participativos con especialistas de diferentes ámbitos y se complementó con una revisión de todas las medidas y políticas desarrolladas en el país en los últimos años por diferentes instituciones públicas y privadas. Se identificaron 11 ejes temáticos que agrupan diferentes actividades de adaptación.

Eje temático

Abastecimiento de agua potable

Se establecieron medidas de adaptación que no representan grandes inversiones. Los desafíos más importantes están relacionados con la gestión técnica de los acueductos (infraestructura, garantizar la oferta y operación y mantenimiento de acueductos y alcantarillados). Se identificaron deficiencias en la gestión administrativa de las asociaciones administradoras de los acueductos (ASADAs), planteándose la necesidad de reformar el sistema tarifario, las fuentes de financiamiento y el apoyo institucional. Es necesario mejorar la información existente sobre disponibilidad y monitoreo del recurso. Para ello se recomiendan medidas orientadas a mejorar el uso del recurso hídrico y analizar las características físicas del entorno espacial de cada acueducto con el fin de definir mejoras, así como para optimizar los sistemas de micro medición y la generación de información meteorológica pertinente. De igual forma se identificaron vacíos en la regulación, planteándose medidas de adaptación dirigidas a utilizar el ordenamiento territorial, el uso de la legislación así como de instrumentos económicos.

Eje de las medidas propuestas

- Gestión técnica de acueductos
- Legislación
- Ordenamiento Territorial
- Cambios en legislación para introducir instrumentos económicos
- Información y monitoreo
- Educación, Capacitación y Sensibilización
- Aprovechamiento de otras fuentes
- Género

**Eje temático****Sector Agropecuario**

Uno de los grandes desafíos es el aumentar el conocimiento por medio de la investigación sobre los efectos del cambio climático en la agricultura para mejorar la capacidad de adaptación del sector. Las medidas propuestas son sobre el uso del agua para riego. Con los resultados obtenidos es posible establecer un plan de acción nacional para mejorar la eficiencia en el uso y distribución del agua de riego. Tanto los impactos como la capacidad adaptativa es muy variada en el sector. Para ello se plantean una serie de medidas de adaptación enfocadas en la necesidad de mejorar los sistemas de riego, una mejor planificación sectorial, que variedades de cultivos podrían adaptarse mejor al cambio climático, investigación sobre plagas y enfermedades de los cultivos, la importancia de los ecosistemas y servicios ambientales, buenas prácticas de cultivos, así como medidas relacionadas con el papel institucional y legal del sector agrícola.

Eje de las medidas propuestas

- Riego
- Planificación sectorial
- Investigación sobre variedades y razas resistentes al calentamiento global
- Estudios sobre plagas y enfermedades
- Ecosistemas y servicios ambientales
- Aspectos legales e institucionales
- Prácticas de cultivo

Eje temático**Abastecimiento de agua potable**

Se encontraron grandes desafíos relacionados con el ordenamiento territorial, la infraestructura, la generación de información y la prevención. Las medidas propuestas pretenden mejorar la coordinación entre el ordenamiento territorial y otras políticas de adaptación. La mayor limitación es debido a que la magnitud máxima de la amenaza natural no se conoce de forma precisa. Se plantean medidas dirigidas a mejorar la recolección de información y la promoción de investigación que genere un mayor conocimiento para sustentar de forma más adecuada los modelos de amenazas y sus características territoriales.

Eje de las medidas propuestas

- Ordenamiento territorial
- Infraestructura física
- Información y conocimiento

**Eje temático****Instrumentos económicos**

El desarrollo sostenible merece ser premiado y los desastres ambientales deben ser cobrados a través de impuestos, tasas y cánones aplicados a diferentes productos y servicios. Las medidas se enfocan a la microeconomía aplicada a determinar los costos ambientales de diferentes alternativas de adaptación, como la eficiencia en el cobro y medición del agua así como en financiamiento, seguros, incentivos e inversión, y la estimación del costo de no actuar. La sociedad costarricense es insensible con el tema agua, es sumamente pasiva en la exigencia de la aplicación de los instrumentos para asegurar calidad y continuidad del agua.

Eje de las medidas propuestas

- Tarifas y medición de agua
- Financiamiento, seguros, incentivos e

Eje temático**Investigación**

Producir resultados científicos de distinto grado de complejidad (información, modelos y recomendaciones), es un elemento de vital importancia para el planteamiento de medidas de adaptación específicas. Del análisis de la literatura, los talleres y la realidad nacional, se han propuesto una serie de campos de investigación que establezcan el diseño de las soluciones de adaptación más urgentes. Específicamente, las medidas planteadas enfatizan la necesidad de sistematizar y completar el análisis de amenazas naturales causadas por eventos hidrometeorológicos (inundaciones y deslizamientos), reformar la gestión de la información de base hidrometeorológica, asignar a las instituciones responsables un presupuesto adecuado para la expansión geográfica de mediciones de distintos parámetros como precipitación, temperatura, caudal en los ríos y otras variables de importancia. De igual forma se plantean medidas dirigidas a que los investigadores entreguen los estudios realizados con la información climatológica, para tener acceso sin costo alguno, a dicha información, buscando que los resultados estén públicamente disponibles.

Eje de las medidas propuestas

- Amenazas naturales y asentamientos humanos
- Disponibilidad del agua potable
- Medición de datos y modelos climáticos
- Investigación y cultivos
- Energía
- Biodiversidad
- Aumento en el nivel del mar



Eje temático

Sector institucional

Existen debilidades institucionales que limitan la respuesta ante la adaptación al cambio climático. Los desacuerdos políticos y la complejidad de la institucionalidad hacen que el cambio positivo sea difícil. Las propuestas se concentran en dos retos. El primero es el reasentamiento de las poblaciones en zonas de riesgo. El cambio climático agravará las debilidades (el impacto sobre asentamientos existentes) y presionará a los sistemas exitosos cada vez más, aumentando costos y reduciendo la resiliencia de los sistemas públicos de atención de emergencias. El reasentamiento de poblaciones en riesgo es posible, bajo el marco institucional actual con pequeñas modificaciones de funcionamiento y legales. El segundo reto está relacionado con la gestión del recurso hídrico en Costa Rica. Las medidas de adaptación formuladas plantean la necesidad de proponer un esquema basado en desempeño, donde la medida única es el volumen de agua. Este esquema requiere de institucionalización en dos sentidos: el primero, en relación con la designación de una entidad encargada de mantener balances hídricos por cuenca (monitoreo de la oferta) y el segundo, relativo

Eje de las medidas propuestas

- Reasentamiento de poblaciones en riesgo
- Gestión del recurso hídrico

Eje temático

Educación, capacitación y sensibilización

Las medidas de adaptación planteadas muestran la importancia del tema como un instrumento que permite acortar la distancia entre los resultados de investigaciones e información esencial sobre la adaptación del recurso hídrico al cambio climático y los distintos sectores de la población de quienes depende la puesta en práctica de diferentes medidas. Las medidas también plantean la importancia de aprovechar las oportunidades existentes tanto en el sistema de educación formal e informal y por ende lograr articular esfuerzos para que la sociedad costarricense conozca sobre el tema, desarrolle una sensibilidad hacia el mismo, tenga claro su papel y lleve a cabo acciones concretas que contribuyan realmente con la adaptación a nivel nacional.

Eje de las medidas propuestas

- Educación para la comprensión social del fenómeno del cambio climático y su relación con la adaptación del recurso hídrico
- Capacitación para la implementación de tecnologías que sirvan para adaptar el recurso hídrico al cambio climático
- Sensibilización

**Eje temático****Salud**

Diferentes estudios muestran que el potencial impacto del cambio climático en la salud humana no solo aumentará la vulnerabilidad y reducirá las oportunidades al interferir en la educación y la habilidad para trabajar, sino que tendrá impactos directos así como también indirectos sobre la salud humana. En este sentido, el documento propone una serie de medidas relacionadas con la necesidad de reforzar, promover y respaldar la generación de conocimiento científico sobre salud y cambio climático, y principalmente buscar diferentes formas de integrar este tema en campañas de promoción de la salud.

Eje de las medidas propuestas

- Múltiples medidas sin ejes definidos

Eje temático**Adaptación climática de edificios**

Al existir problemas de confort climático en los edificios, se debe analizar cómo la adaptación de éstos se puede realizar de manera económica y eficiente, mejorando los microclimas internos y brindando mejor calidad de vida a los usuarios del sitio. En este sentido, la aplicación de estrategias de climatización pasiva en edificaciones son medidas de adaptación ante el cambio climático consideradas importantes. Las medidas propuestas plantean cambios en la legislación, cambios institucionales, en la forma de construir, de educación y de alianzas internacionales.

Eje de las medidas propuestas

- Múltiples medidas sin ejes definidos

**Eje temático****Marco legal**

Juega un papel muy importante en la adaptación al cambio climático. En el país existe una gran cantidad de normas relacionadas con la administración, uso y protección del recurso hídrico, a través de las cuales se crean y otorgan competencias a diversas instituciones. No obstante, la gestión del agua es deficiente y en algunas situaciones hasta incoherente. En este sentido las medidas de adaptación planteadas muestran la necesidad de asumir el reto de buscar la manera de utilizar adecuadamente las herramientas que brinda la regulación existente, cumpliendo y haciendo cumplir lo allí establecido y creando nuevas oportunidades desde las competencias asignadas para cada entidad, más que la creación únicamente de nuevas normas, puesto que este proceso depende en gran medida de la voluntad política y sus típicos entramientos.

Eje de las medidas propuestas

- Múltiples medidas sin ejes definidos

4.3. Inserción de las medidas de adaptación en el GIRH (Pujol et al, 2011b)

El Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) surge en el año 2008 como una respuesta a la necesidad de abordar la problemática hídrica con una visión de Estado, que garantice el aprovechamiento de los recursos como soporte de las políticas nacionales de desarrollo económico, bienestar social y respeto pleno al medio ambiente. Se gestó con el fin de garantizar la cantidad y calidad hídrica para las actuales y futuras generaciones, lo cual es una de las grandes preocupaciones de la sociedad en el momento actual, máxime si se toma en cuenta los efectos esperados del calentamiento global. Este Plan tiene como objetivo asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas naturales que proveen y proveerán la cantidad y calidad de agua necesaria para compartirla en forma equitativa procurando su ahorro.

La **Incorporación de las medidas de adaptación** del recurso hídrico al cambio climático en el PNGIRH se desarrolló partiendo de un análisis y evaluación del Plan en dos sentidos. Primero, determinar sus limitaciones en materia de adaptación al cambio climático. De esta manera, se presentan dos situaciones: los temas que si bien se mencionan en el Plan pero no se profundizan adecuadamente y los temas que del todo no se mencionan, pero son fundamentales para tomar acciones integrales en la materia. Segundo, determinar las posibilidades que el Plan mismo ofrece con respecto a cada una de las acciones planteadas en la sección 4.2.



Se tomaron en cuenta una serie de aspectos importantes:

- a. Identificación de barreras de implementación (institucionales y jurídicas).
- b. Selección de medidas de adaptación, priorizándolas con base en su eficacia, factibilidad y aceptación (sección 4.2).
- c. Identificación de las medidas, políticas y estrategias que aumentan la capacidad de adaptación y fomentan la adaptación autónoma.
- d. Análisis de las limitaciones que podrían haber en cuanto a la capacidad de adaptación.
- e. Investigación sobre cómo pueden sostenerse y mejorarse en el tiempo los esfuerzos para mejorar la capacidad de adaptación.

Como en cualquier proceso de formulación de políticas, la incorporación del tema de la adaptación al cambio climático en la planificación regular del desarrollo, representa un desafío. No obstante, debido a que el cambio climático puede afectar potencialmente a todos los sectores de la economía nacional, la adaptación requiere tanto un enfoque interdisciplinario como de un análisis de política intersectorial. El proceso cuidadoso de supervisión y evaluación de las medidas de adaptación a implementarse dentro de un Plan puede permitir al usuario evaluar lo que está funcionando, lo que no y por qué.

Por tanto, para que las medidas de adaptación se inserten adecuada y eficazmente dentro del PNGIRH es necesario hacer un trabajo institucional importante para que las mismas sean interiorizadas, primeramente, por las diversas dependencias que participaron en su elaboración. Esto es fundamental para que desde las competencias y posibilidades de las distintas entidades, luchan con el objetivo de que la variabilidad climática, los eventos extremos y el cambio climático constituyan uno de los ejes fundamentales y ordenadores en sus políticas y planes institucionales. Una efectiva incorporación de las medidas de adaptación del recurso hídrico ante los efectos del cambio climático en el PNGIRH, implica que muchos sectores y partes interesadas se involucren: quienes formulan las políticas, quienes investigan, quienes administran las comunidades y los gestores en los sectores económicos que estén más en riesgo. Lo anterior, requiere tanto de una estrategia general que defina etapas para la implementación de acciones, como de técnicas específicas que promuevan una coordinación activa y participación de los diversos sectores en el momento más adecuado, todo ello con el fin de potencializarlos como la fuente primaria de la capacidad de adaptación. Todo esto debe ser reforzado con la elaboración de una adecuada estrategia de comunicación para que las medidas de adaptación generadas y la importancia de su aplicación e incorporación dentro del PNGIRH, traspase el nivel técnico e institucional, de manera tal que se logre permear y dar a conocer hacia arriba (nivel político) y hacia abajo (nivel de comunidad), la urgencia de trabajar en la adaptación al cambio climático.

La incorporación efectiva de las medidas de adaptación implica un proceso que consta de las siguientes etapas:

- **Supervisión:** acciones dirigidas a elaborar un registro del progreso de la implementación de una estrategia de adaptación y sus diversos componentes en relación con las metas establecidas. Esto permite que los actores involucrados mejoren sus planes de operación y desarrollen medidas correctivas de forma oportuna en el caso de existir deficiencias y restricciones.



- **Evaluación:** en el contexto de la adaptación al cambio climático, la evaluación constituye una etapa en la cual se crea y aplican indicadores para determinar sistemática y objetivamente la pertinencia, la eficacia, la efectividad y el impacto de una estrategia de adaptación en vista de los objetivos planteados. La supervisión y la evaluación deben realizarse de forma simultánea.
- **Indicadores de rendimiento:** la supervisión por sí sola es inútil si los datos se encuentran sin procesar y la información básica generada no se analiza en la etapa de evaluación. El éxito de estas etapas se encuentra supeditado a que los indicadores sean desarrollados cuidadosamente para que a través de ellos sea posible evaluar de manera efectiva el rendimiento de las actividades de adaptación propuestas en el PNGIRH. Estos indicadores constituyen el insumo principal para los análisis anteriores y posteriores, siendo posible obtener descripciones de los efectos, positivos y negativos, de las distintas intervenciones realizadas.
- **Proceso de aprendizaje aplicado:** explorar el éxito o el fracaso del proceso de adaptación depende no sólo del éxito o del fracaso de las medidas implementadas sino del aprendizaje práctico obtenido. Este enfoque permite a las instituciones involucradas: (i) corregir durante la marcha las adaptaciones implementadas, de modo que logren los objetivos de forma más eficaz; y (ii) mejorar la comprensión de los determinantes de la capacidad de adaptación, de modo que las actividades de desarrollo de capacidad puedan tener mayor éxito desde el principio.

Además de las medidas propuestas (sección 4.2), existen otros temas importantes, que no están contemplados en el Plan, pero que deben ser incorporados.

1. Cambios en el sistema tarifario del agua potable
2. Fortalecimiento del pago por servicios ambientales (PSA)
3. Amenazas naturales de carácter hidrometeorológico
4. Abastecimiento de agua potable
5. Protección del recurso hídrico
6. Gestión de las aguas subterráneas
7. Apoyo institucional a los entes administradores de acueductos
8. Problemática institucional
9. Gestión de la información
10. Red nacional de monitoreo hidrometeorológico



11. Importancia de la investigación
12. Importancia de la capacitación, educación y sensibilización de la población
13. Incorporación de los resultados del estudio de Disponibilidad del Recurso Hídrico en Costa Rica en el PNGIRH
14. Incorporación de los resultados del estudio “Análisis del riesgo actual del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático para contribuir a mejorar el desarrollo humano” en el PNGIR

4.4. Estudios de caso (*Pujol et al, 2012c*)

La selección de los perfiles de proyecto responde a los siguientes principios:

- Claros desafíos de adaptación al cambio climático.
- Tratan de responder a sectores importantes por su contribución a la producción nacional o por su pobreza o carencias económicas.
- Diversidad de temáticas.
- Diversidad de zonas del país donde se pueden desarrollar primero
- Posibilidades de replica
- Relación Beneficio Costo factible
- Realistas en su requerimiento y productos
- Válidos en sí mismos más allá del cambio

Los perfiles expuestos plantean estudios de caso donde se muestra una justificación para la selección de los lugares analizados, justificación de las medidas de adaptación escogidas y los posibles impactos del proyecto sobre las comunidades seleccionadas.

El objetivo de los proyectos expuestos es desarrollar conocimiento, enfrentar los desafíos de las zonas en mayor riesgo y proteger a los grupos más vulnerables. Las propuestas presentan la oportunidad de adaptación directa e inmediata pero hay muchas oportunidades de invertir de manera más indirecta y con impactos a más largo plazo. Los proyectos seleccionados tienen localizaciones regionales con sugerencias específicas en algunos casos y cubren todas las regiones climáticas y de planificación.



Cuadro 7. Proyectos de adaptación al cambio climático propuestos para diferentes zonas del país.

Proyecto	Localización	Justificación	Beneficiarios	Replicabilidad	Sostenibilidad
Propuesta de reordenamiento territorial en el cantón de Parrita para reducir los impactos de las inundaciones	Cantón de Parrita, Pacífico Central	La cuenca del río Parrita se ha visto recurrentemente afectada por inundaciones que han generado abundantes pérdidas económicas en reconstrucción de infraestructura dañada y recuperación de medios de vida. Los escenarios de cambio climático advierten sobre eventos extremos en la zona	Poblaciones de Vista Mar, Chires, Playón, Parrita, Pueblo Nuevo, P. Palma, Julieta, Barbudal, Porvenir, Vueltas, Palo Seco, La Loma, Esterillos oeste y Bejuco	Un proyecto de ordenamiento del territorio tiene la ventaja que los fundamentos básico	Es un proyecto de inversión social donde el análisis de costo beneficio no tiene sentido. El proyecto debe ser sostenido en el tiempo por la mejora en la calidad de vida de las personas, disminución del riesgo
Enfrentar el potencial de crisis en el área metropolitana de San José por la sequía y las consecuencias en el suministro de agua	Cantón de San José, Región Central	Existe un historial de sequías que han afectado el suministro de agua potable a la población. El recurso hídrico se ve presionado por la gran densidad de población, el crecimiento residencial, el deterioro del sistema de conducción y la contaminación de acuíferos. Los escenarios de cambio climático advierten sobre eventos secos extremos en la zona	Poblaciones del cantón que ya se han visto afectadas por cortes y racionamientos en épocas secas prolongadas, especialmente las personas de menores ingresos y el comercio	Hacia otras zonas cabeceras de provincia que presentan una situación similar: Heredia, Alajuela, Cartago, Pérez Zeledón, Puntarenas	La rentabilidad es muy alto puesto que la suspensión de actividades por falta de agua potable tiene impactos muy grandes. Además aumentar la eficiencia y en el consumo permite posponer inversiones en nuevas fuentes de agua
Implementación de estrategias de adaptación de los sistemas productivos-agropecuarios y de acceso al agua potable en los Territorios Indígenas frente a los impactos potenciales del cambio climático, incorporando sus conocimientos tradicionales sobre el medio	Cantón de Buenos Aires, Pacífico Sur	Las poblaciones indígenas de Costa Rica son uno de los grupos sociales de menos recursos, mayor pobreza y a la vez de mayor riqueza cultural. El cambio climático forzarán respuestas y acciones de adaptación que pueden partir de su propia experiencia y cultura ambiental	Poblaciones indígenas en general	Boruca, Rey Curre, Ujarrás, Salitre, Cabagra, Conte Burica, Coto Brus, Abrojo-Montezuma, Guaymi Osa, Guatuso, Talamanca Bribri, Talamanca Cabecar, Chirripó Duchi, Bajo Chirripó, Telire, Tayni, Nairi-Awari, Kekoldi, Quitirrisí, Zapatón, Matambú, China Kicha y Guaymi	La mejora en las condiciones de vida de los pueblos indígenas debe acompañarse con el involucramiento de los líderes comunales y el diseño de una estrategia de producción e intercambio de productos entre las comunidades



Cuadro 7. Proyectos de adaptación al cambio climático propuestos para diferentes zonas del país.

Proyecto	Localización	Justificación	Beneficiarios	Replicabilidad	Sostenibilidad
Fortalecimiento administrativo, técnico y legal para los entes administradores de acueductos (ASADAS, municipalidades y otras organizaciones) de La Cruz de Guanacaste, de manera que mejoren sus capacidades y la eficiencia de su operación	Cantón de La Cruz, Pacífico Norte	Las ASADAS administran un importante porcentaje de territorios rurales. Existe suficiente documentación diagnóstica que puntualiza las debilidades de estas organizaciones. El fortalecimiento necesario redundará en una mejora de las condiciones de vida de los pobladores	Personal de las ASADAS y población en general del cantón de La Cruz	A todas las ASADAS	La sostenibilidad de este proyecto se basa principalmente en un programa robusto de transferencia de conocimiento y capacitación
Proyecto de investigación, extensión y educación para fomentar la adopción de nuevas prácticas y tecnologías de adaptación al cambio climático en el sector agrícola de los cantones de Los Chiles, Upala y Guatuso, Región Norte	Cantón de Los Chiles, Upala y Guatuso, Región Norte	Los cantones fronterizos de la Región Norte se encuentran en alto riesgo de ser impactados por eventos hidrometeorológicos extremos. Una de las principales medios de vida es la actividad agropecuaria. La investigación es imprescindible para fomentar estrategias de adaptación al Cambio climático	Productores agropecuarios de la zona, instituciones de investigación y capacitación	Extensible a cualquier zona agrícola con características semejantes en producción y amenazas	La sostenibilidad se da por la apropiación de la tecnología y conocimientos resultantes por parte de los productores
Soluciones estructurales y arquitectónicas apropiadas para zonas sujetas a inundaciones lentas en la región Huetar Atlántica	Cantón de Región Caribe	Las inundaciones en la región son recurrentes y producto de fenómenos de variabilidad y estacionalidad como los frentes fríos o bajas presiones. La arquitectura tradicional de los pueblos indígenas puede contribuir a disminuir el impacto y el riesgo de pérdidas durante inundaciones	Poblaciones de las llanuras de inundación de los cantones que históricamente han presentado más problemas de inundación	Este proyecto que se propone para la región Huetar Atlántica puede replicarse en algunas zonas de la región Chorotega, Brunca y Huetar Norte	El proyecto debe ser sostenido en el tiempo por la mejora en la calidad de vida de las personas al disminuir el riesgo



5. CONCLUSIONES

El cambio climático pone a prueba el conocimiento y entendimiento que tiene el hombre de su entorno y la forma en que su desarrollo está afectando y transformando el planeta. Es un momento particular de la historia donde se exige reflexión activa. Pensar y actuar. Pensar porque los pasos siguientes deben de ser aplomados, seguros, planificados. Actuar porque hay que caminar ya. La adaptación al cambio climático no es un pensamiento de planificación a mediano plazo. Intenta acomodar el pensamiento productivo y de desarrollo del hombre a la variabilidad climática actual pero con una perspectiva de cambio futuro. El clima no volverá a ser como el conocido. Es dinámico y evolutivo. El reto es sobrevivir y hacerlo de la mejor forma posible hoy y mañana.

Los análisis de sensibilidad de la década de los noventa asumidos como parte de los compromisos de los países firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para luchar contra el Cambio Climático, han dado paso a verdaderos estudios de vulnerabilidad y recientemente a análisis de riesgo climático. La plataforma de conocimiento de cómo se debe gestionar el riesgo, se convierte en el brazo técnico y operativo de una temática que no acaba de bajar a las comunidades: “cómo enfrentar el cambio climático, adaptarse y convivir con él”. La gestión del riesgo permite aproximar los sistemas a los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos, procurando identificar las debilidades y fortalezas que deben ser atendidas con el fin de disminuir los daños y aprovechar las oportunidades que surjan.

En Costa Rica, el Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático propuesto por PNUD y adaptado a las condiciones nacionales por el IMN, constituye una guía importante para crear el conocimiento de base necesario para la toma acertada de decisiones. La metodología propuesta de análisis de riesgo climático, es válida para los diferentes sectores sociales y productivos del país. La vulnerabilidad debe ser analizada, pero sobre todo, comprendida por los sectores involucrados. En este sentido, la vulnerabilidad es solo una parte de una verdad. Expresa una parte de la realidad a partir de algunos supuestos. La amenaza climática está referida al cambio del clima que experimentamos en la actualidad. Puede ser reflejada de múltiples formas. Los estudios de eventos extremos y los escenarios futuros son una muy buena base de entendimiento. Ambos componentes sobrepuestos, vulnerabilidad y amenaza, pueden generar con propiedad, zonas de riesgo que son fácilmente comprobables en el campo, de forma tal que la metodología de paso a la acción operativa y directa en las comunidades de alto riesgo.

La visión futura del riesgo es una guía importante, que representa la posibilidad del comportamiento de la vulnerabilidad y la amenaza a un horizonte de tiempo cercano. La incertidumbre que rodea cualquier proyección debe ser entendida y asumida pues el futuro no es modelable al 100%. Este escenario es imprescindible, puesto que como se había mencionado antes, la adaptación debe de preparar a las comunidades no solo para enfrentar su realidad actual, sino a prepararse a cambios en el tiempo. Las metodologías más modernas de generación de escenarios de cambio climático, vulnerabilidad futura, proyecciones sociales, o simulación del comportamiento de algunos motores de cambio, son puestas a disposición para crear visiones lógicas y creíbles de cómo será nuestra sociedad en un futuro cercano. Los resultados demuestran que existe una relación entre nuestro riesgo actual y el futuro. Por tanto, si los eventos hidrometeorológicos extremos ya han erosionado el desarrollo de las comunidades en



el pasado reciente, los escenarios confirman que lo seguirán haciendo en el futuro aún y cuando las condiciones sociales y económicas de Costa Rica mejoren. La adaptación no es una opción, es una obligación.

Las medidas de adaptación identificadas y priorizadas, deben de ser estudiadas a la luz de los análisis de riesgo actual y futuro. De esta forma, es mucho más fácil entender la distribución espacial de las acciones. No toda zona de riesgo puede ser atendida. Deben ser priorizadas de acuerdo con su vulnerabilidad y grado de amenaza. Por ejemplo, el grado de exposición creciente de poblaciones sensibles que se expanden desorganizadamente en una zona que naturalmente presenta condiciones para ser impactada por eventos extremos cada vez más frecuentes, es una razón válida para seleccionar esta zona como de alta prioridad de atención, en contraposición a aquella población que igualmente sensible al clima, crece desorganizadamente pero en zonas de menor riesgo natural de inundación o sequía.

Estas acciones priorizadas, deben descansar en un marco político y legal que les brinde las condiciones necesarias para su aplicación, desarrollo y sostenibilidad. Para nuestro país y en el caso concreto de la adaptación del sector hídrico, la figura indicada es el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH) que data desde el 2008. La inserción de las medidas de adaptación al PNGIRH suponen un ejercicio de articulación de las instituciones y actores involucrados, con el fin de que supervisen, evalúen, monitoreen las acciones con el fin de crear procesos educativos que sean aprehensibles y sostenibles en el tiempo. El giro de esta rueda: análisis de riesgos climáticos, medidas de adaptación y sostenibilidad de acciones deben necesariamente de contribuir con mejorar la calidad de vida de las personas que se encuentran en las zonas de mayor riesgo. Además, le brinda al país un aumento de su capacidad de gestión de riesgos, una mejora en su resiliencia ante eventos hidrometeorológicos extremos y una oportunidad de mejora de las condiciones futuras de vida en ambientes inciertos. Específicamente, para el caso del estudio, mejora la gestión integrada del recurso hídrico bajo escenarios de cambio climático, disminuyendo el riesgo y aumentando el desarrollo de las comunidades.

Para Costa Rica, el sistema hídrico es referente de desarrollo. Nuestra historia ha girado alrededor del agua y las bases de la economía han descansado en la buena oferta y la calidad del recurso. El agua ha sostenido la producción agrícola y su proceso industrial como la primera forma de desarrollo del país. El enfoque hoy día la hace partícipe en la conservación de la biodiversidad y el crecimiento turístico, que son nuestro modelo actual de desarrollo. Además, contribuye con la seguridad alimentaria, energética y sanitaria de la población. La planificación de una estrategia de adaptación del sistema, contribuye a aumentar el grado de respuesta de las comunidades en mayor riesgo, disminuye la vulnerabilidad de los sectores y promueve el desarrollo humano.



6. RECOMENDACIONES

El análisis del riesgo climático actual y futuro constituye en sí una de las primeras medidas de adaptación sectorial al cambio climático. Por este motivo, cada sector socio productivo (pesquero, agrícola, pecuario, salud, energía, forestal, entre otros) debe analizar su propia vulnerabilidad y confrontarla con los insumos climáticos de este proyecto: amenaza actual y escenarios de cambio futuro, con el fin de determinar el riesgo climático de sus actividades.

Los análisis de vulnerabilidad sectorial deben emprenderse con la información existente, con el fin de establecer una línea base para la primera década del siglo. A partir de ese momento se debe iniciar la generación o la recolección de información más detallada para establecer un mejor diagnóstico en el corto plazo, pensando en indicadores propios para el sector en relación al cambio climático.

Los escenarios futuros de clima deben elaborarse periódicamente con dos fines. El primero actualizar las proyecciones tanto en información como en metodología y herramientas. El segundo, como forma de monitorear el comportamiento actual de las variables meteorológicas y compararlas con lo que se espera.

Se debe identificar los marcos políticos y legales que amparen estrategias de adaptación sectorial.

Los análisis de vulnerabilidad y riesgo deben ser sencillos con el fin de que puedan ser replicados, sostenibles y apropiados por las comunidades.

La estrategia de adaptación debe involucrar tanto el factor social como el productivo.

Una de las primeras medidas de adaptación tomadas por el proyecto es la creación y fortalecimiento de la red de observación meteorológica. Esta iniciativa debe de ser respaldada por el estado y el usuario en general puesto que la información generada va a fortalecer el conocimiento de la amenaza a la cual debemos de adaptarnos.

La disminución de la vulnerabilidad de los sectores es un tema complejo por los muchos factores que inciden. En el caso de las poblaciones, es difícil disminuir su sensibilidad a los eventos extremos o su grado de exposición. Sin embargo, se puede trabajar en la capacidad de enfrentar y la capacidad de reconstruir. Las estrategias de adaptación deben incorporar el aumento de la resiliencia de los sistemas pues aunque la vulnerabilidad no disminuya, la respuesta ante un evento puede ser mejorada.

La adaptación debe comprender todos los niveles de agrupación: comunal, regional, nacional.



7. BIBLIOGRAFÍA

Alvarado, L. 2005. Escenarios de Cambio Climático para Centroamérica y Costa Rica. Proyecto PNUMA-TWAS "Assessment of Impacts and Adaptation Measures for the Water Resources Sector due to Extreme Events under Climate Change Conditions in Central America". Comité Regional de Recursos Hidráulicos del Istmo Centroamericano (CRRH), Universidad de Costa Rica (UCR).107p.

Alvarado, L. 2006. Escenarios de Cambio Climático para Centroamérica y Costa Rica. Proyecto Evaluación de impactos ocasionados por eventos extremos sobre el sector hídrico y medidas de adaptación bajo condiciones de cambio climático en América Central (AIACC-LA06). Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH), Universidad de Costa Rica (UCR), Centro de Investigaciones Geofísicas de la UCR. 35p.

Alvarado, L.; Contreras, W.; Jiménez, S. 2011. Escenarios de Cambio Climático regionalizados para Costa Rica. Departamento de Climatología e Investigación Aplicada. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Ministerio de Ambiente y Energía (MINAET). San José, Costa Rica. 43p.

Araya, C.; Sanabria, N. 2010. Red de estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional para el monitoreo del cambio climático. Universidad Nacional, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Escuela de Ciencias Geográficas. Curso Introductorio a Sistemas de Información Geográfica ARCGIS. Heredia, Costa Rica. 15p.

Chacón, A. 2011. Red nacional de estaciones climatológicas de observación y detección del cambio climático. In: Planificador Mensual IMN 2012. Proyecto Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el índice de desarrollo humano. Instituto Meteorológico Nacional. Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. San José, Costa Rica. Sp.

Echeverría, J. 2011. Evaluación de la vulnerabilidad futura del sistema hídrico al Cambio Climático. Costa Rica. Proyecto: Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y la adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano. Ministerio de Energía, Minas y Telecomunicaciones (MINAET)- Instituto Meteorológico Nacional (IMN)- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 69p.

IMN (Instituto Meteorológico Nacional). 2008. Clima, Variabilidad y Cambio Climático en Costa Rica. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. IMN-CRRH-MINAET-PNUD. Autores: Retana, J.; Alvarado, L.; Solano, J.; Solera, M.; Araya, C.; Sanabria, N.; Pacheco, R.; Castro, V.; Calderón, F. . San José, Costa Rica. 75p.



Lim, B.; Siegfried, E.; Burton, I.; Malone, E.; Huq, S. 2005. Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático: Desarrollo de Estrategias, Políticas y Medidas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. New York, USA. 258p.

Pujol, R.; Sánchez, L.; Ávila, D.; Solano, R.; Zumbado, F.; López, C.; Pérez, E.; Zamora, L. 2012a. Estudio para la identificación y priorización de medidas de adaptación del sistema hídrico ante los efectos adversos del Cambio Climático en Costa Rica. Programa de Investigación em Desarrollo Urbano Sostenible (PRODUS) – Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 75p.

Pujol, R.; Sánchez, L.; Ávila, D.; Solano, R.; Zumbado, S. Paola; Pérez, E.; Zamora, L. 2012b. Incorporación de los resultados de los análisis de vulnerabilidad actual y futura y medidas de adaptación del sistema hídrico al cambio climático en el Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y los mecanismos de coordinación interinstitucional diseñados para dicha incorporación. Programa de Investigación em Desarrollo Urbano Sostenible (PRODUS) – Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 80p.

Pujol, R.; Sánchez, L.; Solano, R.; Zumbado, F.; López, C.; Zamora, L. 2012c. Generación de cinco estudios de caso en Costa Rica, incluyendo perfiles de proyecto de medidas de adaptación al cambio climático. Programa de Investigación em Desarrollo Urbano Sostenible (PRODUS) – Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 36p.

Rauscher, S., F. Giorgi, N. Diffenbaugh & A. Seth, 2007. Extension and Intensification of the Meso-American mid-summer drought in the twenty-first century. *Clim Dyn*, 31, 5, 551-571.

Retana, J.; Araya, C.; Sanabria, N.; Alvarado, L.; Solano, J.; Barrientos, O.; Solera, M.; Alfaro, M.; Araya, D. 2011. Análisis del riesgo actual del sector hídrico de Costa Rica ante el cambio climático para contribuir a mejorar el desarrollo humano. MINAET-IMN-PNUD. San José, Costa Rica. 98p.

Stolz, W.; Alvarado, L.; Villalobos, R.; Barrantes, J. 2006. Escenarios de cambio climático para Centroamérica y Costa Rica. Proyecto Fomento de las capacidades para la Etapa II de adaptación al Cambio Climático em Centroamérica, México y Cuba. Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH)-Instituto Meteorológico Nacional (IMN). San José, Costa Rica. 107p.

Villalobos, R.; Retana, J.; Campos, M.; Chacón, A. 2007. Estimación del riesgo del sistema hídrico de la zona noroeste del Valle Central de Costa Rica ante los efectos de eventos meteorológicos extremos. Gestión de Desarrollo, Instituto Meteorológico Nacional. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) – Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC). Proyecto : Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. 12p.



Wilchez, G. 2011. Aguaceros y goteras. Ponencia en el Taller Gestión de Riesgo y Cambio Climático. Cancillería de Colombia-IDEAM. Cooperación Caribe. Gobierno de Colombia. Bogotá. 28 de febrero al 03 de marzo. Comunicación personal.

Zárate, E. 2008. Observación sistemática, investigación y desarrollo de capacidades para el cambio climático en Costa Rica. Proyecto para la Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Proyecto 00033342. PNUD-MINAET-IMN. Costa Rica. sp.

