

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones  
Instituto Meteorológico Nacional  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

# ANALISIS DEL RIESGO ACTUAL DEL SECTOR HIDRICO DE COSTA RICA ANTE EL CAMBIO CLIMATICO

*PARA CONTRIBUIR A  
MEJORAR EL  
DESARROLLO  
HUMANO*

2011





Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones  
Instituto Meteorológico Nacional  
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

# ANALISIS DEL RIESGO ACTUAL DEL SECTOR HIDRICO DE COSTA RICA ANTE EL CAMBIO CLIMATICO

*PARA CONTRIBUIR  
A MEJORAR EL  
DESARROLLO  
HUMANO*



2011



## Contenido

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN EJECUTIVO.....  | 9  |
| 1. INTRODUCCION: AGUA, DESARROLLO HUMANO Y RIESGO CLIMATICO.....                | 15 |
| 2. METODOLOGIA: RIESGO-VULNERABILIDAD-AMENAZA .....                             | 18 |
| 2.1 Enfoque.....  | 18 |
| 2.2 Análisis del riesgo actual.....   | 18 |
| 2.3 Análisis de la vulnerabilidad actual.....                                   | 20 |
| 2.4 Análisis de la amenaza actual.....  | 21 |
| 2.4.1 Eventos extremos de lluvia.....   | 22 |
| 2.4.2 Frecuencia de impactos.....   | 23 |
| 3. RESULTADOS.....  | 24 |
| 3.1. Vulnerabilidad actual.....   | 24 |
| 3.1.1. Vulnerabilidad actual: un reto de interpretación.....                    | 24 |
| 3.1.2. Componentes e indicadores de vulnerabilidad del sistema hídrico.....     | 25 |
| 3.1.3. Perfil de la vulnerabilidad.....   | 32 |
| 3.1.4. Vulnerabilidad integrada.....  | 33 |
| 3.1.5. Vulnerabilidad asociada al desarrollo humano y la equidad de género..... | 45 |
| 3.2. Amenaza actual.....  | 49 |
| 3.2.1. Eventos extremos hidrometeorológicos.....                                | 49 |
| 3.2.2. Eventos extremos secos: corredor seco de Costa Rica.....                 | 50 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.3. Eventos extremos lluviosos: La alta pluviosidad de Costa Rica..... | 55 |
| 3.3. Riesgo actual.....   | 60 |
| 3.3.1. Para entender el riesgo climático actual.....                      | 62 |
| 3.3.2. El riesgo climático ante eventos extremos secos.....               | 62 |
| 3.3.3. El riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.....           | 74 |
| 4. CONCLUSION.....  | 85 |
| Glosario .....  | 90 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Esquema de análisis de riesgo actual.....  | 19 |
| Figura 2. Esquema de la relación entre el cambio climático y los componentes de vulnerabilidad definidos para el sector hídrico..... | 27 |
| Figura 3. Perfil de vulnerabilidad.....  | 32 |
| Figura 4. Porcentaje de indicadores con una vulnerabilidad media-alta y alta por provincia.....                                      | 33 |
| Figura 5. Porcentaje acumulado de los componentes de la alta vulnerabilidad.....   | 34 |
| Figura 6. Los 15 cantones de más alta vulnerabilidad.....  | 43 |
| Figura 7. Índice de vulnerabilidad integrada.....  | 44 |
| Figura 8. Número de personas pobres según región de desarrollo del país.....   | 46 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 9.  | Cantones de mayor vulnerabilidad coincidentes con el menor IDG.....  | 47 |
| Figura 10. | Porcentaje de hogares en pobreza extrema con jefatura femenina 2009.....   | 48 |
| Figura 11. | Principales núcleos bajos de precipitación anual durante eventos extremos.<br>(Corredor seco de Costa Rica).....       | 53 |
| Figura 12. | Principales núcleos altos de precipitación anual durante eventos extremos lluviosos<br>en Costa Rica.....              | 57 |
| Figura 13. | Frecuencia mensual de fenómenos de variabilidad.....   | 59 |
| Figura 14. | Esquema de gestión de riesgo y algunos de sus factores asociados con amenazas de<br>tipo climático (Retana, 2009)..... | 61 |
| Figura 15. | Cantones afectados por diferente nivel de riesgo climático ante eventos extremos<br>secos .....                        | 63 |
| Figura 16. | Riesgo climático ante eventos extremos secos por provincia.....  | 63 |
| Figura 17. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos secos.....   | 64 |
| Figura 18. | Componentes del riesgo climático y la vulnerabilidad por provincia.....  | 65 |
| Figura 19. | Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Guanacaste....                                   | 66 |
| Figura 20. | Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Puntarenas....                                   | 66 |
| Figura 21. | Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Alajuela.....                                    | 67 |
| Figura 22. | Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Alajuela.....                                    | 67 |
| Figura 23. | Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Cartago.....                                     | 68 |
| Figura 24. | Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Limón.....                                       | 68 |
| Figura 25. | Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Heredia.....                                     | 69 |
| Figura 26. | Cantones de mayor riesgo climático ante eventos extremos secos.....  | 70 |
| Figura 27. | Riesgo climático ante eventos extremos secos.....  | 73 |

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Figura 28. | Cantones afectados por diferente nivel de riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.....    | 74 |
| Figura 29. | Riesgo climático ante eventos extremos lluviosos por provincia.....                                | 75 |
| Figura 30. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos.....                               | 76 |
| Figura 31. | Componentes del riesgo climático por lluvias extremas y la vulnerabilidad por provincia.....       | 77 |
| Figura 32. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Limón.....      | 78 |
| Figura 33. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Puntarenas..... | 78 |
| Figura 34. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Guanacaste..... | 79 |
| Figura 35. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Heredia.....    | 79 |
| Figura 36. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de San José.....   | 80 |
| Figura 37. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Alajuela.....   | 80 |
| Figura 38. | Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Cartago.....    | 81 |
| Figura 39. | Cantones de mayor riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.....                            | 81 |
| Figura 40. | Riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.....  | 84 |
| Figura 41. | Cantones de mayor riesgo climático.....  | 89 |

## Índice de Cuadros

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Cuadro 1.  | Ficha técnica de los indicadores seleccionados de vulnerabilidad del sector hídrico ante el cambio climático.....    | 28 |
| Cuadro 2.  | Indicadores de vulnerabilidad y fuerzas de cambio identificadas.....   | 31 |
| Cuadro 3.  | Categoría de indicadores de vulnerabilidad.....  | 32 |
| Cuadro 4.  | Indicadores de vulnerabilidad por componentes y provincias.....  | 35 |
| Cuadro 5.  | Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Limón.....  | 36 |
| Cuadro 6.  | Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Puntarenas.....   | 37 |
| Cuadro 7.  | Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Guanacaste.....   | 38 |
| Cuadro 8.  | Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de San José.....   | 39 |
| Cuadro 9.  | Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Alajuela.....   | 40 |
| Cuadro 10. | Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Heredia.....  | 41 |
| Cuadro 11. | Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Cartago.....  | 42 |
| Cuadro 12. | Características de los eventos extremos secos en las regiones climáticas de Costa Rica. Período 1960 - 2009.....     | 51 |
| Cuadro 13. | Características de los eventos extremos lluviosos en las regiones climáticas de Costa Rica. Período 1960 - 2009..... | 56 |
| Cuadro 14. | Indicadores de alta vulnerabilidad en los cantones de mayor riesgo ante eventos extremos secos.....                  | 71 |
| Cuadro 15. | Indicadores de alta vulnerabilidad en los cantones de mayor riesgo ante eventos extremos lluviosos.....              | 82 |



# ANÁLISIS DEL RIESGO ACTUAL DEL SECTOR HÍDRICO DE COSTA RICA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO PARA CONTRIBUIR A MEJORAR EL DESARROLLO HUMANO

Departamento de Climatología e Investigación Aplicada / Instituto Meteorológico Nacional

## AUTORES

José Retana , Cristina Araya, Nury Sanabria, Luis Alvarado, Johnny Solano, Oscar Barrientos, Manuel Solera, Minor Alfaro, Diego Araya

**DISEÑO Y DIAGRAMACION:** Paula Solano

## COLABORADORES

Nazaret Rojas, Estefanía Jiménez, Ana Rita Chacón, Gladys Jiménez, Magda Campos, Roberto Villalobos, Johnny Montenegro, Rafael Angel Pacheco, Freddy Calderón, Victor Castro, Wilkie Contreras.

## RESUMEN EJECUTIVO

El 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” es financiado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Costa Rica (PNUD-CR), mientras que el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) gestó la coordinación técnico-científica del estudio.

Un producto importante del proyecto ha sido la evaluación del **riesgo actual** del sistema hídrico. Su importancia radica en que los análisis de riesgos deben de ser la base técnica que soporte la estrategia de adaptación. Sin esta primera fase, las proyecciones futuras y las eventuales acciones de adaptación, carecerían de verdaderos criterios para la toma de decisiones.

**La metodología** permite un análisis a nivel cantonal para todo el país. Se utilizó como plataforma conceptual, la gestión de riesgos asumiendo que el riesgo es una función de la vulnerabilidad y la amenaza, de forma tal que el riesgo existe solo si la vulnerabilidad y la amenaza coinciden en tiempo y en espacio. Se considera que el riesgo es una probabilidad de pérdida, daño o impacto en un sistema si la amenaza se concretiza. En el caso específico de este estudio, se asume que el riesgo está presente en

cualquier zona del país, sin embargo, se identificaron aquellos cantones que, bajo algunas características sociales y económicas relacionadas con el recurso hídrico y el desarrollo humano, son más propensos a sufrir los impactos de eventos extremos del clima. Por tanto, “estos puntos calientes” deben ser considerados como prioritarios para el diseño y ejecución de medidas de adaptación. El marco de vulnerabilidad no debe ser la base de la estrategia de adaptación ante el cambio climático si la amenaza está invisibilizada. Si no hay referencia de la frecuencia de impactos por amenaza climática sobre estas áreas vulnerables, se puede cometer el error de planificar y gestionar solo sobre una base social y no necesariamente sobre una base de riesgo.

La vulnerabilidad fue estimada a partir de 14 indicadores sociales y económicos agrupados en tres componentes básicos: infraestructura, servicios y condición humana. Estos tres componentes están ligados bajo un esquema de asociación, que a la vez responde a la presión que ejerce el cambio en el clima. Los efectos de esta presión sobre los componentes, deben de afectar la gestión del recurso agua y esta a su vez, afectar el desarrollo humano. Los indicadores se normalizaron e integraron en un Índice de Vulnerabilidad Estandarizado cuyo momento de análisis debe situarse en la primera década de este siglo debido a los diferentes períodos de recolección de información. La información fue llevada a un sistema de información geográfica (SIG), para ser expresada como un mapa que presentara cinco niveles de vulnerabilidad: alto, medio alto, medio, medio bajo y bajo. El análisis de vulnerabilidad actual se realizó a nivel de provincia y cantón.

La amenaza se estimó a partir de dos escenarios climáticos extremos: seco y lluvioso. La información meteorológica se tomó de la Base de Datos del IMN y a partir de ella se construyó un índice climático tomando en cuenta cinco criterios: área porcentual del cantón con un núcleo importante de lluvia (exceso o déficit), frecuencia de aparición de eventos extremos, frecuencia de impactos (sequía o inundación), magnitud del evento y cobertura relativa espacial del evento. La información fue llevada a un SIG para ser expresada como un mapa que presentara cinco niveles de amenaza: alto, medio alto, medio, medio bajo y bajo. El análisis de amenaza actual se realizó a nivel de región climática y cantón.

Para visualizar el riesgo se hizo una sobre posición de coberturas (amenaza, vulnerabilidad). Se crearon dos escenarios de riesgo: riesgo climático para eventos extremos lluviosos y riesgo climático para eventos extremos secos. El análisis de riesgo actual se realizó a nivel de provincia y cantón, detallando el nivel de amenaza y vulnerabilidad.

**Los resultados sobre vulnerabilidad** a nivel de provincia los resultados obtenidos por el IMN indican que Limón es la que presenta un mayor índice de vulnerabilidad, seguida por Puntarenas y luego Guanacaste. Siguiendo el orden descendente se encuentra San José, Alajuela, Heredia y

Cartago. La composición de la vulnerabilidad en cada provincia es particular. Mientras que en las provincias alejadas del centro del país (Limón, Puntarenas y Guanacaste) la alta vulnerabilidad se debe principalmente a una baja condición humana o pobreza asociada a falta de vivienda digna y ausencia de servicio eléctrico y agua potable por acueducto; en las provincias del centro del país (San José, Alajuela, Cartago y Heredia), la condición humana es el componente de vulnerabilidad menos problemático y su vulnerabilidad se debe a problemas de servicios ambientales (falta de cobertura boscosa, uso de tanques sépticos como forma de eliminar las excretas) servicios de salud (baja densidad de EBAIS por población) y baja disposición de agua por persona. El índice integrado de vulnerabilidad se utiliza para comparar cantones, identificando los más y menos vulnerables. En cuanto a la mayor vulnerabilidad a nivel de cantón, se observa una distribución espacial, asociada con patrones como la pobreza, el desarrollo humano o la equidad de género. Por ejemplo, de los 15 cantones más vulnerables, 11 se encuentran dentro de los cantones de menor Índice de Desarrollo Humano (IDH) al 2007. Dentro de estos 11 cantones vulnerables y con bajo IDH, 10 cantones presentan los más bajos Índices de Desarrollo Relativo al Género (IDG). Los 15 cantones catalogados de “alta vulnerabilidad” son Buenos Aires, Los Chiles, Sarapiquí, Upala, Matina, León Cortés, Cañas, La Cruz, Turrubares, Garabito, Osa, Parrita, Hojancha, Corredores y Nicoya. En términos muy generales y de acuerdo con los indicadores usados en este estudio, puede afirmarse que el grupo más vulnerable corresponde con aquel que carece de una vida saludable, educación, poder adquisitivo y vivienda digna como elementos de pobreza integral. Los más vulnerables dentro de esta situación de pobreza, son los grupos dependientes (niños, adultos mayores y personas con alguna discapacidad física) y aquellos donde el género influye en la equidad de desarrollo. En resumen, los más vulnerables son un grupo desposeído, dependiente y desplazado por su género

**Los resultados sobre amenaza** presentan al país dividido en dos escenarios: uno seco extremo y otro lluvioso extremo. Ambos escenarios se correlacionan con la geografía nacional, dado que este es un factor decisivo en la caracterización climática de las zonas, principalmente en lo que a distribución de la precipitación se refiere. Tanto el escenario seco como el lluvioso puede presentarse en cualquier parte del territorio, sin embargo, por las características orográficas del país, existen zonas que históricamente han sido más frecuentemente impactadas por este tipo de fenómenos. En el caso del corredor seco, su ruta de paso se asocia con las zonas llanas de la vertiente Pacífica y Región Central principalmente. Abarca toda la región del Pacífico Norte y parte del Valle de Parrita en el Pacífico Central. Se introduce al Valle Central por medio de la depresión del Tárcoles y avanza incluso hasta el Valle Central Oriental. El corredor seco reaparece en las zonas bajas del Valle de El General hacia el Pacífico Sur y en las zonas bajas del Valle de La Estrella en el Caribe Sur. Por la magnitud de la sequía, su frecuencia de aparición, la cobertura geográfica, la frecuencia de impactos y su extensión, los cantones catalogados de “alta amenaza por sequía” son todos los de la Provincia de Guanacaste, el cantón central de Puntarenas y los cantones

de Mora, San José, Tibás y Cartago. En cuanto al escenario lluvioso, la distribución de los principales núcleos se relaciona con la disposición geográfica del sistema montañoso y su efecto sobre los vientos y la precipitación. Los vientos suroestes y norestes empujan la nubosidad contra las barreras geográficas, provocando lluvias orográficas que luego drenan por los múltiples cauces superficiales característicos en toda Costa Rica. Las mayores precipitaciones a nivel anual se presentan a barlovento del cordón montañoso, tanto en el Caribe como en el Pacífico Central y Sur, presentándose los núcleos extremos en altitudes medias del sistema montañoso. En la Región del Caribe, las mayores precipitaciones se presentan a barlovento de las tres cordilleras (Guanacaste, Volcánica Central, Talamanca) y los núcleos máximos se localizan hacia los volcanes Arenal, Poás, Barva, Irazú y Turrialba. Se observa además un núcleo importante hacia la llanura de Tortuguero, por efecto directo de los vientos nortes y norestes. En el Pacífico Central los mayores núcleos lluviosos se presentan en las estribaciones de la Cordillera de Talamanca mientras que en el Pacífico Sur, el principal núcleo se observa en la Península de Osa y a sotavento de la Fila Brunqueña. Estos grandes núcleos de precipitación anual no excluyen otros de menor magnitud pero que históricamente se asocian con inundaciones importantes, como el caso de los núcleos sobre la Cordillera de Guanacaste y que son los responsables de las avenidas e inundaciones de los principales ríos que vierten sus aguas al Golfo de Nicoya, como son el Tempisque y el Bebedero. Por la magnitud de las lluvias extremas, su frecuencia de aparición, la cobertura geográfica, la frecuencia de impactos y su extensión, los cantones catalogados de “alta amenaza por lluvias extremas” son Limón, Matina, Guácimo, Pocosí, Sarapiquí, Parrita, Osa, Tarrazú, Upala y Guatuso.

**Los resultados sobre el riesgo** indican que cualquier área geográfica de Costa Rica tiene riesgo de que un evento extremo cause una sequía o una inundación y que esta, impacte negativamente la administración de agua potable afectando el desarrollo humano y el desarrollo 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. La distribución del riesgo climático ante eventos extremos se ajusta a una distribución normal. O sea, hay pocos cantones con alto y bajo riesgo, mientras que la mayoría de cantones presentan un nivel medio. La distribución espacial o geográfica de este riesgo (principalmente el alto y medio alto), está concentrada en áreas específicas.

En el caso de **escenarios secos extremos** a nivel de provincia, Guanacaste y Puntarenas son las que presentan mayor riesgo, mientras que Heredia es la de menor riesgo debido a su baja vulnerabilidad. A nivel de cantón y de acuerdo con los patrones de vulnerabilidad, se podrían definir tres grandes zonas de alto y medio alto riesgo ante eventos extremos secos: La Zona 1 abarca los cantones de La Cruz del Pacífico Norte, Upala, Los Chiles y Guatuso de la Zona Norte, Parrita y Turrubares hacia el Pacífico Central

y Buenos Aires y Pérez Zeledón en la Zona Sur. 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: Mora, San José, Desamparados, Alajuelita, Cartago y el cantón central de Puntarenas. Se caracterizan por bajos niveles en los servicios, principalmente la poca cobertura boscosa, pocos centros de atención básica de salud con relación a la densidad de población y un bajo nivel de disponibilidad de agua por persona. Evidentemente estos problemas son relativos a la concentración de la población en estos cantones. Las sequías que se presentan en esta zona, son de fuerte magnitud con una gran expansión del fenómeno y frecuentes.

La Zona 3 de alto riesgo se ubica geográficamente en el Pacífico Norte de Costa Rica. Comprende todos los cantones de la provincia de Guanacaste con excepción de La Cruz. Los mayores problemas de vulnerabilidad son diversos, sin un patrón definido, aunque mayoritariamente se encuentran en los componentes de infraestructura y condición humana. La sequías que se presentan en esta zona son las de mayor magnitud y frecuencia.

En el caso de **escenarios lluviosos extremos** a nivel de provincia Limón y Puntarenas son las de mayor riesgo, mientras que Cartago es la de menor probabilidad de pérdida, o bien, la que menos ha sido impactada dada su baja vulnerabilidad. El riesgo por eventos extremos lluviosos guarda una estrecha relación con la vulnerabilidad de las provincias. A mayor vulnerabilidad mayor riesgo y a menor vulnerabilidad menor riesgo. Una posible respuesta a esta relación es que las condiciones extremas del clima lluvioso son un limitante del desarrollo de las comunidades. Si la frecuencia de estos eventos es alta, la vulnerabilidad se puede acumular y potenciar. A nivel de cantón y de acuerdo con los patrones de vulnerabilidad, se podrían definir tres grandes zonas de alto y medio alto riesgo ante eventos extremos lluviosos:

La Zona 1 de alto riesgo está compuesta por los cantones fronterizos de la Zona Norte (La Cruz, Upala, Los Chiles y Sarapiquí) y todos los cantones de la vertiente Caribe (Limón, Pococí, Matina, Guácimo, Siquirres y Talamanca). 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 del Pacífico Norte hasta el Pacífico Sur (Nicoya, Cañas, La Cruz, Parrita, Osa, Aguirre, Golfito y Corredores). 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 agrupa todos los cantones restantes: Tarrazú, Turrubares y Garabito del Pacífico Central, Limón y Turrialba del Caribe, Perez Zeledón del Pacífico Sur y Jiménez de la Región Central. No guardan relación geográfica y el patrón de vulnerabilidad no es claro.

## Conclusiones

A pesar de que existen zonas de riesgo donde los grupos poblacionales más vulnerables son plenamente identificados con situaciones de pobreza, bajo desarrollo y bajo índice de equidad de género, existen otros factores que acrecientan el riesgo en zonas de baja vulnerabilidad. Por ejemplo, las crisis de abastecimiento de agua potable y agua para salud e higiene durante las sequías, pueden aumentar el espectro de afectación de los grupos poblacionales. Por tanto, de acuerdo con los resultados del estudio, el riesgo por sequía no recae siempre en los más pobres y vulnerables. La zona central del país es poco vulnerable y presenta buenos indicadores sociales y económicos por lo que se asume que su poder de respuesta y recuperación ante eventos secos extremos es mayor que en otras zonas. Sin embargo, tiene un alto índice de riesgo debido a que la amenaza es latente y recurrentemente ha impactado la zona.

Dado que la perspectiva futura es que la amenaza supere las condiciones actuales, la condición de riesgo seguirá creciendo si no se diseñan estrategias adecuadas para adaptar las sociedades y sus relaciones a condiciones de clima extremo. El mayor peligro de la indiferencia o el desacierto en la gestión del riesgo, es que aquellas provincias o cantones de baja vulnerabilidad actual, sean movidas hacia condiciones de alta vulnerabilidad futura por los diferentes motores de cambio (regional o global), promoviendo condiciones de alto riesgo aún cuando la amenaza no muestre tendencias de cambio. Por tanto, no se necesitaría de un cambio extremo en el clima para tener zonas de alto riesgo. Con las condiciones actuales de amenaza, ya el peligro es inminente.

## 1. INTRODUCCION: AGUA, DESARROLLO HUMANO Y RIESGO CLIMATICO

**E**l desarrollo y progreso de las civilizaciones está ligado al agua. La escritura cuneiforme de los Sumerios nace en Mesopotamia (“tierra entre ríos”). En este valle bañado por los ríos Tigris y Éufrates, no solo se desarrolló una de las civilizaciones más antiguas, sino que fue parte del escenario donde progresaron los imperios Babilonio, Medo y Persa que aportaron legislación, matemática y astronomía a la cultura global de la humanidad. Mientras tanto, las periódicas inundaciones y sequías del Nilo, fueron utilizadas por los egipcios como instrumento agrícola para enseñar al mundo una forma de prosperar en tierras áridas. Las más antiguas dinastías Chinas (Xia y Shang), con las cuales se inicia la cultura y sabiduría ancestral del oriente, se establecieron en la cuenca del río Amarillo en Asia. Los Arios del valle del río Indo, son los precursores de civilizaciones que supieron asociar al agua la cultura y el ritual religioso características aún de la India contemporánea. Roma fue conocida como la ciudad del agua. Su ingeniería hizo famosos los baños y acueductos que daban mantenimiento a una sociedad altamente exigente. Grecia y Fenicia aprovecharon el mar Mediterráneo para hacerse maestros del arte de la navegación que los llevó a expandir sus fronteras comerciales y su pensamiento.

Si bien es cierto que en América el desarrollo de las grandes civilizaciones no estuvo ligado a alguno de los ríos importantes del continente, el agua siempre estuvo presente en su evolución y aporte cultural. Por ejemplo, el Lago Titicaca y el Popó permitieron el asentamiento de los Aimaras peruanos y bolivianos actuales domesticadores de llamas. Los antiguos Incas y Nazcas basaron su agricultura en la ingeniería para el aprovechamiento del agua de la escasa lluvia de la zona. Por otra parte, la abundante lluvia de las selvas tropicales fue factor decisivo para dar mantenimiento a las grandes concentraciones poblacionales que ayudaron a desarrollar los centros políticos de Mayas y Aztecas. Los ríos de las planicies norteamericanas proveían salud a los pueblos seminómadas como los Seris, Apaches, Cheyenes, Siouxs. Más al norte los Esquimales lograron dominar el arte del manejo del hielo para sobrevivir en zonas árticas. Todos estos pueblos americanos aportaron ejemplo de la convivencia pacífica y respetuosa entre el género humano y el ambiente.

El planeta vive por el agua y la sociedad se desarrolla por ella. Según PNUD (2006) “el desarrollo humano consiste ante todo en permitir a las personas tener una vida que valoren y en permitirles aprovechar su potencial como seres humanos”. Evidentemente, el agua es un elemento vital para alcanzar estas metas, sin embargo, el agua por sí sola no es un seguro de prosperidad o progreso. El desarrollo se convierte en un complejo proceso de múltiples facetas y vertientes. El agua es uno, entre muchos elementos, catalizadores del desarrollo humano.

Dengo (2003), define cinco grandes áreas de relación entre el recurso hídrico y el resto de la actividad económica, como parte de la función que tiene el agua en el desarrollo.

1. La autoridad social (que permite tomar decisiones sobre el uso y manejo del agua),
2. La producción y evaluación económica (que permite asignar el recurso a un uso específico y justificar la inversión en la administración),
3. La interacción entre la función social del recurso y la tecnología (permite establecer la estructuración y parámetros del sistema integral),
4. Los instrumentos legales y administrativos (conforman la organización de procesos de prestación de servicios)
5. Los procesos de acción (conglomerado de acciones, procesos y operaciones).

Por otra parte, PNUD (2006) identifica tres fundamentos básicos en los que el agua actúa en el progreso humano: suministro de agua potable, eliminación de aguas residuales y servicios de saneamiento. El integrado de estas áreas y relaciones identificadas por Dengo (2003) y PNUD (2006), redundan en un mayor desarrollo de las comunidades.

Para alcanzar un desarrollo integral del ser humano y sus sociedades, el agua debe pasar a formar parte del pensamiento y quehacer generador de progreso. De no ser así, aún existiendo agua, el desarrollo no se produce, es poco o es desequilibrado. No solo es tener agua, es aprovechar el agua. Existen grandes regiones de la geografía mundial que tienen una alta pluviosidad pero con sistemas sociales poco desarrollados. Por tanto el concepto de desarrollo se liga más al uso y manejo racional (sostenible) del agua, antes que a la disponibilidad del recurso. Los esquemas sociales rígidos, impermeables a los razonamientos y necesidades actuales, impiden la igualdad en el desarrollo (a la luz del aprovechamiento del recurso hídrico). Las inequidades vinculadas al género, la pertenencia geográfica, las competencias por los recursos, la falta de mecanismos de participación ciudadana, la corrupción a todo nivel o la desarticulación institucional entre muchos factores, son características de sociedades que impiden el crecimiento equitativo del valor de la vida y su potencial aprovechamiento.

Sin embargo, no solo la estructura social es un limitante para el desarrollo de las comunidades ligadas al agua. El aumento de la frecuencia de eventos extremos meteorológicos, producto del cambio del clima, se convierte actualmente en una de las principales barreras del progreso para los países en desarrollo y particularmente para los grupos poblacionales más desprotegidos (Winograd y Farrow 2000, Adamson 2008). Los impactos sociales y económicos de este tipo de eventos, son un fuerte revés para economías

débiles. De acuerdo con Wahlstrom (2009), entre 1988 y el 2007, el 76% de los fenómenos naturales asociados con desastres a nivel mundial, fue de origen hidrometeorológico y provocaron el 45% del total de las pérdidas humanas y el 79% de las pérdidas económicas. Según cita Adamson (2008), en América Latina, entre 1970 y el 2002, el 80% de los desastres fueron originados por eventos hidrometeorológicos (huracanes, tormentas, inundaciones y sequías). Este tipo de fenómenos, cuya frecuencia pareciera acrecentarse en las últimas décadas, son los causantes de estancamientos y hasta retrocesos en el desarrollo de los países.

Aquellas estructuras sociales frágiles y desequilibradas que son golpeadas recurrentemente por eventos hidrometeorológicos extremos, pueden aumentar la vulnerabilidad ante el cambio del clima, reduciendo la resistencia y mermando su capacidad adaptativa (Parry et al 2008). Más aún, si los impactos de estos eventos extremos lesionan significativamente el sistema hídrico (ya sea por exceso o déficit de lluvias), el desarrollo de estos pueblos se ve comprometido. La vulnerabilidad se irá acumulando a medida que los fenómenos hidrometeorológicos extremos impidan mejorar la respuesta y las necesidades básicas se vean insatisfechas. De acuerdo con PNUD (2004), las pérdidas por desastres se clasifican tradicionalmente en costos directos, indirectos y secundarios. Con relación a los secundarios indica que sus consecuencias pueden tener importantes repercusiones en el desarrollo humano y económico a largo plazo. Estos efectos secundarios forman parte de una serie de hechos sucesivos que tienen un efecto acumulativo gradual en el desarrollo. Por tanto, llevar una vida digna y libre, manteniendo los niveles productivos y competitivos en un mundo altamente cambiante, donde las vulnerabilidades pueden ser acumulativas, se convierte en uno de los principales retos de los países en vías de desarrollo en su planificación de corto y mediano plazo.

La generación de información básica que fundamente estrategias de adaptación al cambio de clima, con el fin de aumentar la capacidad de respuesta de las comunidades, mejorar su desarrollo humano y utilizar sosteniblemente el recurso hídrico, se convierte en una herramienta de planificación importante en el contexto actual.

El objetivo del presente estudio es analizar la situación de riesgo en que se encuentra el sistema hídrico de Costa Rica ante los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos, producto del calentamiento global. Esta información es valiosa para la toma de decisiones con el fin de disminuir la vulnerabilidad en las comunidades, disminuir su riesgo y contribuir con una visión futura de producción y aprovechamiento de los recursos, en forma sostenible y aplicada siempre al desarrollo integral del ser humano.

## 2. METODOLOGIA: RIESGO-VULNERABILIDAD-AMENAZA

### 2.1 Enfoque

El análisis se enmarca dentro de los procesos de gestión de riesgo de desastres. El tema propone el reto de cómo adaptar el sector hídrico en sociedades vulnerables ante eventos hidrometeorológicos extremos, de manera tal que estas acciones tiendan a mejorar el desarrollo humano. Según Lavel (2002), el gestionar el riesgo ante un desastre abarca procesos sociales complejos, que deben llevar a la aplicación de una serie de medidas dirigidas a impedir, reducir, prever y controlar los efectos adversos de la amenaza. El proyecto va más allá de esta definición ya que el cambio climático exige la planificación a futuro por medio de la adaptación. Por tanto, los resultados de este estudio deben ser parte de la base científica que fundamente acciones de adaptación ante el clima futuro tal y como es propuesto por SEI (2004). La gestión que se emprenda debe ser sostenible en el tiempo, evaluable y evolutiva ya que tanto la vulnerabilidad como la amenaza cambian en el tiempo. Las medidas de adaptación que se identifiquen y prioricen deben de ser orientadas hacia el desarrollo de Costa Rica, promoviendo su productividad y desarrollo integral. El acceso y uso sostenible del agua como motor de desarrollo humano, a pesar de amenazas y vulnerabilidades, es la clave.

### 2.2 Análisis del riesgo actual

De acuerdo con Villagrán (2006), dentro de muchas formas para visualizar el riesgo, una de las más simples expresiones matemáticas es:

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

El riesgo es un producto de dos componentes: la vulnerabilidad y la amenaza. De acuerdo con Wilchez (2011) la expresión corresponde a un producto debido a que se debe entender que si alguno de estos dos componentes llega a ser cero, el riesgo desaparece. Comprender este sencillo aspecto, es vital para crear el marco metodológico ya que el riesgo debe ser visualizado. Debe de coincidir la vulnerabilidad y la amenaza en un tiempo y en un espacio geográfico determinado. Si no existe esta relación, el riesgo no se concretiza. Además, una de las máximas en la gestión de riesgo es que este debe ser visualizado y asumido. El riesgo se debe de “ver” y no solo plantear.

Una de las formas de visualizar, estimar o concretizar el riesgo es por medio de escenarios donde se pueda identificar las zonas y las poblaciones prioritarias de atención. Los Sistemas de Información Geográfica actuales permiten manejar información variada en formatos espaciales. Este tipo de herramientas son indispensables para entender cómo se distribuye el riesgo en un territorio, el tipo de poblaciones que involucra y los entornos de esas áreas. De esta manera es posible identificar las zonas de riesgo cero (donde no coincide en tiempo y espacio la amenaza y la vulnerabilidad) y aquellas donde el riesgo es mayor.

El abordaje metodológico para analizar el riesgo utiliza indicadores de los dos componentes del riesgo: vulnerabilidad y amenaza, tal y como se detalla en la figura 1.



Figura 1. Esquema de análisis de riesgo actual.

## 2.3 Análisis de la vulnerabilidad actual

El análisis de la vulnerabilidad actual se manejó de forma clásica y simple: un marco teórico acompañado de indicadores de varios dominios y acopiados en una base de datos cuyas capas individuales se agregan en una suma sencilla (SEI 2004, IGP 2005). Las variables sociales, económicas y biofísicas se integraron en un Índice de Vulnerabilidad que se expresó en un formato SIG a nivel de cantón. Se eligió esta unidad de área debido a tres criterios:

- a. Se espera que los resultados de este estudio sean asumidos por los gobiernos locales como una herramienta para que se gestione el riesgo a este nivel.
- b. La mayor parte de las variables usadas como indicadores provienen del censo nacional de población, que utiliza la división administrativa como criterio de segmentación.
- c. La población en general se identifica más a un cantón que a una cuenca biofísica.

La vulnerabilidad estimada corresponde a un modelo más social y económico que a uno biofísico. La razón es que los indicadores biofísicos son más estables en el tiempo que los socioeconómicos y el propósito de la sistematización de la información es que se pueda repetir el ejercicio en el futuro con el fin de observar cambios.

De acuerdo con lo que sugieren OCDE (2001) y Lim *et al* (2005), se construyó un marco conceptual que define el estado de vulnerabilidad a partir de componentes. Los componentes son conjuntos de características biofísicas, sociales, económicas o políticas que pueden agruparse en forma común para explicar la sensibilidad de un grupo social ante los eventos extremos del clima. De esta forma, la vulnerabilidad puede ser comparable en cualquier zona del país y en cualquier período de tiempo. La expresión de vulnerabilidad es el marco conceptual para el desarrollo de indicadores. Un listado de más de 100 indicadores provistos por PRODUS (2010), fue filtrado de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. Que tengan cobertura cantonal.
- b. Que tengan una institucionalidad clara.
- c. Preferiblemente que tengan un movimiento positivo de vulnerabilidad, esto es que, a mayor valor del indicador se asume un mayor grado de vulnerabilidad.
- d. Que respondan ante efectos de cambio climático.

- e. Que tengan relación con el recurso hídrico.
- f. Que tengan relación con el desarrollo humano. Luego de este filtro la lista de 35 indicadores preseleccionados, fue evaluada por un grupo de expertos con el fin de priorizarlos. Los criterios de priorización fueron:
  - a. Sencillez.
  - b. Importancia con el tema: clima, agua, desarrollo humano.
  - c. Coherentes con los componentes de vulnerabilidad.
  - d. Movimiento con el cambio climático (que se produzca una respuesta discernible si aumenta o disminuye la temperatura o la lluvia anual).

De la lista de indicadores priorizados se seleccionaron aquellos elegidos por consenso por un grupo de actores clave. Los indicadores seleccionados se estandarizaron con el fin de hacerlos comparables, de acuerdo con lo que sugiere OCDE (2001). Siguiendo las recomendaciones de SEI (2004) y Lim et al (2005), se visualizaron los atributos múltiples de los indicadores por medio de perfiles mecánicos y se realizó una diferenciación regional. Esto permite tener una idea previa de la distribución espacial de las variables y la estructura de la vulnerabilidad que se está proponiendo. Los indicadores no fueron pesados debido a la gran variación cantonal existente. Los indicadores se integraron en un Índice Estandarizado de Vulnerabilidad (IEV). Se llevaron luego a un formato de Sistema de Información Geográfica por medio del programa ArcView, versión 9. Dado que el análisis de la vulnerabilidad es en realidad solo una parte del análisis de riesgo, se fijaron “umbrales de preocupación” según sugiere SEI (2004) y el IAI (2010) con el fin de obtener rangos por encima de los cuales la vulnerabilidad se puede considerar alta. Se utilizaron rangos percentiles para establecer límites entre alta y baja vulnerabilidad. Este paso es muy importante porque, sin dejar de lado la situación general de vulnerabilidad, se puede priorizar posibles áreas de atención. Además, de acuerdo con el abordaje elegido, es necesario considerar que el riesgo alto se obtendrá en aquellas zonas donde la vulnerabilidad sea alta también y la amenaza coincida en tiempo y en espacio.

Para mejorar la visión previa al análisis integrado de vulnerabilidad actual, se identificaron algunas características generales de los indicadores y las principales fuerzas de cambio.

## 2.4 Análisis de la amenaza actual

Algunos autores coinciden en que la visión más cercana del cambio climático, es una intensificación de la variabilidad del clima que ya se ha experimentado en las últimas décadas (Parry *et al* 2008). Por lo tanto, si se estudian períodos climáticos recientes, será posible determinar qué tipos de eventos extremos han causado mayor daño a los diferentes sistemas sociales y productivos (lecciones aprendidas).

La amenaza se construyó a partir de un índice a nivel cantonal cuyo modelo es:

$$\text{IAC: ee + fi + int + cob + pr}$$

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)

pr: frecuencia de aparición de eventos extremos

### 2.4.1 Eventos extremos de lluvia

Para considerar al clima actual como una amenaza, se estudiaron los eventos hidrometeorológicos extremos. Se estimó su patrón espacial de incidencia, su magnitud, su extensión geográfica y el período de retorno. Se consideraron solo eventos de carácter hidrometeorológicos (excesos o déficits de lluvia con relación a un valor normal) ya que el eje transversal del proyecto es el agua.

Se seleccionaron 62 estaciones meteorológicas de la base de datos del IMN y 10 de la red meteorológica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Estas estaciones cumplieron con los siguientes criterios:

- a. Ubicadas en zonas representativas de una región climática
- b. Un registro de precipitación confiable y de larga extensión (más de 20 años).
- c. Que tengan el menor cambio tecnológico posible en sus registros.

Se utilizaron los registros de lluvia anual para calcular el percentil 10 y 90 de la serie, de tal forma que el percentil 10 fuera el límite de los eventos secos extremos y el percentil 90 el correspondiente a los eventos lluviosos extremos. Los eventos extremos fueron analizados de acuerdo con tres características: intensidad, cobertura espacial relativa y período de retorno. La intensidad corresponde con la magnitud del evento, expresado como la cantidad de lluvia anual (milímetros y porcentaje) que sobrepasa o es deficitaria con respecto al promedio normal. La cobertura espacial relativa es la cantidad de estaciones meteorológicas (expresado en porcentaje) que presentaron la misma señal, ya sea déficit o exceso, para un año en particular. La frecuencia de aparición de eventos extremos es el tiempo de recurrencia expresado en años. Se calculó por medio de la frecuencia empírica ajustada al percentil 10 o 90 de la serie de datos anuales, de acuerdo con la formulación simple de Ahnert (1986), citado por De Luis et al (2001).

La información fue trasladada a un Sistema de Información Geográfica (Arc View 9) para el trazado digital de isolíneas. Se generaron dos tipos de mapa: amenaza climática para eventos secos extremos y amenaza climática para eventos lluviosos extremos. Para ambos mapas se identificaron los principales núcleos de exceso o déficit de lluvia y se delimitaron geográficamente.

### 2.4.2 Frecuencia de impactos

La frecuencia de los impactos se analizó por medio de un recuento de eventos trasladados a un mapa de nivel cantonal. Los impactos de eventos extremos lluviosos se asociaron con inundaciones, mientras que los impactos de eventos extremos secos se relacionaron con sequías. Las fuentes de información de sequías e inundaciones (impactos) es la prensa escrita por consulta de archivos verticales de la biblioteca de la Universidad Nacional y la Biblioteca Nacional (Delgado 2008), la base de datos de eventos extremos del IMN y la base de datos de eventos extremos recopilada por Ortíz (2007). El período de análisis es de 1957 al 2008.

Tanto el mapa de frecuencia de inundaciones como el mapa de frecuencia de sequías (elaborado por Solano y Alvarado 2010), fueron contrastados con los mapas de amenazas climáticas previamente elaborados.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Vulnerabilidad actual

#### 3.1.1. *Vulnerabilidad actual: un reto de interpretación*

Para el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC 2007), la vulnerabilidad “es el grado al cual un sistema es susceptible a, o incapaz de, enfrentarse a efectos adversos del cambio climático incluyendo variabilidad climática y eventos extremos”. Esta definición, es la punta de lanza para una gran cantidad de estudios que se han hecho alrededor del mundo sobre el tema de la vulnerabilidad de diferentes sectores ante el cambio de clima (Ramos and Hareau 1997, IGP 2005). Por tanto, los estudios de vulnerabilidad se han convertido en el medio necesario para identificar y caracterizar la forma en que los sistemas humanos y naturales son sensibles al clima para posteriormente fundamentar, formular y evaluar las políticas de adaptación (Lim et al, 2005).

Sin embargo, algunas veces los estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático, invisibilizan la amenaza debido a que se da por un hecho que al identificar las debilidades del sistema, estas responden automáticamente ante la amenaza. No se debe asumir tal idea. Se corre el grave peligro de describir la vulnerabilidad sin precisar si en algún momento, la amenaza puede concretizarse sobre esas áreas vulnerables. Por ejemplo, al describir la vulnerabilidad ante amenazas volcánicas, las comunidades que se encuentren dentro de la eventual zona de afectación serán consideradas de alta prioridad. Sin embargo, aquellas comunidades que presenten las mismas vulnerabilidades que las primeras, pero que se encuentran más alejadas del foco de influencia, tendrán una prioridad menor en el caso de una emergencia. O sea, iguales vulnerabilidades no necesariamente reflejan iguales riesgos. La clave es la amenaza. Por tanto, si los estudios de vulnerabilidad no se enfocan hacia el riesgo, pueden terminar siendo diagnósticos de debilidades de un sistema, sobre los cuales es muy riesgoso planear medidas de adaptación ante el cambio climático.

Por otra parte, los análisis de vulnerabilidad actual nunca ofrecerán una visión total o completa de la fragilidad de los sistemas. Están limitados por la información diagnóstica que pueda ser acopiada, por el método de análisis, por las diversas fuentes de información, por la evolución social y económica de las comunidades, por los distintos motores de cambio (globales, regionales y nacionales) que hacen variar entornos y condiciones. Los estudios de vulnerabilidad actual de amplio contenido social o económico,

intentan fotografiar un sistema para la interpretación posterior. Detienen sus características en el tiempo. Si no se vuelve a fotografiar el sistema como rutina del mismo análisis, se perderá gran parte de la interpretación histórica de cómo y por qué evolucionan los sistemas. No ocurre lo mismo cuando la vulnerabilidad es estimada a partir de características biofísicas que tienen poca variación en el tiempo (geología, geografía, suelos).

El reto de la interpretación, puede ser asumido si los análisis de vulnerabilidad actual toman caminos sencillos. La crítica los cataloga de simples y planos, sin embargo tienen la ventaja de ser repetibles y sistematizables a bajo costo.

### 3.1.2. Componentes e indicadores de vulnerabilidad del sistema hídrico

El proyecto propone adaptar el sector hídrico en sociedades vulnerables ante eventos hidrometeorológicos extremos, para mejorar el desarrollo humano. La clave para establecer el norte de la vulnerabilidad propuesta, es el acceso social al agua potable a pesar de las calamidades del tiempo. Por tanto, la vulnerabilidad debe de contener un sentido social explícito: agua para consumo humano, agua para salud humana, agua para confort humano. Si se asegura esta disponibilidad a la población más vulnerable, se pueden integrar luego mecanismos de administración, políticas y sistemas de distribución equitativa de forma tal que las comunidades desarrollen su potencial productivo. Nunca al revés.

Antes de identificar indicadores, se conceptualizó la vulnerabilidad del sistema hídrico ante el cambio climático, de acuerdo a tres grandes componentes. Los componentes se definieron en positivo, como expresiones ideales. O sea, un componente es aquel grupo de elementos con características en común, que al existir, brindan un clima de seguridad ante eventos hidrometeorológicos extremos incidiendo en el desarrollo humano ligado al acceso de agua potable. Responden ante eventos del clima ya que no son inertes ante la presión que el cambio climático está ejerciendo. De esta forma, si los elementos del componente faltan, la vulnerabilidad aumenta. Los componentes conceptualizados son:

1. **Infraestructura:** *Se refiere a todo tipo de construcción, particular o pública, familiar o comunal, regional o nacional que contribuya con el mejoramiento de la calidad de vida y cuya operación y mantenimiento ofrecen un clima de seguridad ante eventos extremos hidrometeorológicos. Por otra parte, se entiende que esta infraestructura es vital para acceder al agua potable, de forma tal que si falta, las posibilidades de desarrollo disminuyen. Se ubican en este componente, obras*

*como tanques de almacenamiento de agua, redes viales, vivienda, acueductos, diques, drenajes, limpiezas de cauces, dragados, canales, embalses, entre otras.*

2. **Servicios:** *Se refiere a los servicios generados por la institucionalidad pública y privada del país, que permite mantener cubiertas las necesidades básicas de la población como el acceso a agua potable, acceso a energía eléctrica, educación, información, salud, alimentación, consumo, protección ambiental. Estos elementos además de brindar un clima de seguridad para enfrentar impactos de eventos extremos hidrometeorológicos, se relacionan también con la buena gestión del recurso hídrico. En este componente se encuentran todos los servicios de información y comunicación, servicios de salud, planes de prevención general para las comunidades, programas de educación y salud, transporte, apoyo institucional, los sistemas de seguridad alimentaria, sistemas públicos y privados de protección de acuíferos y fuentes de agua, entre otros.*
3. **Condición humana:** *Se refiere a aquellas condiciones propias del grupo poblacional, que se relacionan con la calidad de vida. Si las condiciones son apropiadas y si el entorno ofrece seguridad en servicios e infraestructura, el desarrollo individual ligado al acceso de agua debe surgir como una manifestación no forzada de un sistema que ofrece oportunidades. En este componente se ubican los niveles de educación, salud, nutrición, poder adquisitivo, oportunidad de desarrollo ligado al género, etnia, cultura, religión.*

A partir de estos tres componentes se seleccionaron 14 indicadores. Se procuró balancear el número de indicadores en los tres componentes de vulnerabilidad ya que no se trabajó con el concepto de pesos de acuerdo a lo detallado en la metodología.

Los indicadores seleccionados deben responder a un esquema de relación en el cual se puede identificar la pertenencia del indicador a alguno de los tres componentes de la vulnerabilidad. Este esquema también evalúa en forma general su respuesta ante el clima, su relación con el recurso agua y cómo este puede influir en el desarrollo humano. El esquema de relación se presenta en la siguiente figura 2. Se asocia la presión ejercida sobre el sistema (amenaza del cambio del clima), con los tres componentes de la vulnerabilidad. El sistema en este caso, es el hídrico. Su buen funcionamiento debe de ser considerado como una herramienta importante en el desarrollo humano y por ende en el desarrollo de las comunidades.



Figura 2. Esquema de la relación entre el cambio climático y los componentes de vulnerabilidad definidos para el sector hídrico.

Los indicadores seleccionados se estandarizaron con el fin de hacerlos comparables y que expresen mayor vulnerabilidad si su valor es cercano a 100 y menor vulnerabilidad si su valor es cercano a cero. Por medio de percentiles se delimitaron rangos de baja, media y alta vulnerabilidad para cada uno de los indicadores estandarizados.

Dado que se utilizaron diferentes fuentes de información que responden a años diferentes, la línea base de vulnerabilidad que se obtiene debe ser comprendida como una aproximación de estas condiciones durante la primera década del siglo XXI. Cualquier transformación o cambio futuro debe ser referida a esta línea base.

En el cuadro 1 se detallan algunas características técnicas de los indicadores y cómo se ajustan en el eje temático del proyecto.

**Cuadro 1. Ficha técnica de los indicadores seleccionados de vulnerabilidad del sector hídrico ante el cambio climático.**

| Indicador                    | Significado  | Componente de Vulnerabilidad | Unidad de expresión  | Relación con el recurso agua  | Relación con el desarrollo humano   | Relación con cambio climático   | Fuente del indicador  |
|------------------------------|--|------------------------------|--|---|---|---|---|
| Viviendas sin acueducto      | Viviendas cuya fuente de agua de consumo doméstico es diferente del acueducto                        | Infraestructura              | Porcentaje de viviendas del total del cantón   | El acueducto es un sistema importante para la administración del recurso hídrico  | El acueducto de distribución de agua de calidad son garantías de desarrollo humano  | Variaciones del ciclo hidrológico van a alterar la distribución de agua por acueducto y la calidad del recurso                                      | Censo de Población y Vivienda (INEC 2000)   |
| Viviendas con tanque séptico | Viviendas que utilizan el tanque séptico como medio de eliminación de excretas                       | Infraestructura              | Porcentaje de viviendas del total del cantón   | Los tanques sépticos son una de las principales fuentes de contaminación de acuíferos por nitratos                          | El uso de tanque séptico es un medio que debe ser sustituido por alcantarillado sanitario para promover el desarrollo ligado a la higiene y el ambiente | Las inundaciones elevan la tabla de agua del suelo y la exponen a la contaminación fecal. El agua de rebalse se puede contaminar afectando la salud | Censo de Población y Vivienda (INEC 2000)   |
| Viviendas en mal estado      | Viviendas que presentan problemas estructurales o de mantenimiento principalmente en techo y paredes | Infraestructura              | Porcentaje de viviendas del total del cantón   | Casas en mal estado exponen a sus habitantes a problemas de salud relacionados a la humedad y el agua                       | El desarrollo humano está ligado a una vivienda digna   | Viviendas en mal estado exponen más a sus habitantes a los elementos del clima  | Censo de Población y Vivienda (INEC 2000)   |
| Infraestructura vial         | Longitud de vías nacionales que se encuentran dentro del área del cantón                             | Infraestructura              | Porcentaje de kilómetros de vías nacionales del total de vías (nacional y cantonal) del cantón | La mayor parte de la ingeniería de distribución de agua potable utiliza la red y la infraestructura vial como guía de paso. | Los países desarrollados se caracterizan por una estructura vial robusta  | Eventos extremos impactan sobre la infraestructura vial, afectando el acceso a las zonas y aislando las poblaciones vulnerables                     | Atlas del ITCR (2008), Cartografía nacional del instituto Geográfico Nacional (IGN), Bases de datos de ProDUS-UCR |
| Viviendas sin electricidad   | Viviendas que no poseen servicio de electricidad   | Servicios                    | Porcentaje de viviendas del total del cantón   | La energía eléctrica es indispensable para el bombeo y posterior trasiego de agua   | La energía eléctrica en la vivienda es garantía de desarrollo humano  | Variaciones del ciclo hidrológico afectarán la generación hidroeléctrica del país   | Censo de Población y Vivienda (INEC 2000)   |

Cuadro 1. Ficha técnica de los indicadores seleccionados de vulnerabilidad del sector hídrico ante el cambio climático (Continuación).

| Indicador  | Significado   | Componente de Vulnerabilidad | Unidad de expresión   | Relación con el recurso agua  | Relación con el desarrollo humano  | Relación con cambio climático   | Fuente del indicador  |
|--|---|------------------------------|---|---|--|---|---|
| Habitantes por EBAIS   | Número de personas por cantón, por Equipo Básico de Atención por Salud (EBAIS)  | Servicios                    | Densidad poblacional: número de personas entre el número de EBAIS por cantón. | El agua es el primer agente de higiene, por lo que está directamente relacionado con centros de salud | Una densidad adecuada de EBAIS permiten el acceso oportuno a la gestión de la salud, pilar del desarrollo humano | Eventos extremos pueden originar problemas de salud que deben ser atendidos a nivel local           | Estadísticas de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS 2008)                         |
| Disponibilidad de agua per cápita                              | Cantidad de agua que potencialmente se puede adjudicar a una persona            | Servicios                    | Metros cúbicos de agua por año, por persona                                   | Indicador directo de la cantidad de agua al servicio de las personas                                  | El agua, su disponibilidad y calidad, afecta directamente el desarrollo humano                                   | Sequías o inundaciones producto de eventos extremos afectan directamente la disponibilidad de agua  | Dirección de Aguas, MINAE. 2009   |
| Área sin zonas protegidas                                      | Cantidad de área del cantón que no tiene zona de bosque en Áreas de Protección  | Servicios                    | Porcentaje del total del área del cantón sin zonas protegidas                 | La cobertura boscosa es una medida de protección de las zonas de recarga acuífera                     | El desarrollo ambiental es paralelo al desarrollo humano. Aporta servicios, paisaje, equilibrio, protección      | Las áreas boscosas son sumideros de carbono y ayudan a atenuar los efectos de extremos del clima    | Calculado por el IMN con base al mapa de zonas protegidas del MINAE compilado por ITCR 2008 |
| Consumo de agua del sector agropecuario                        | Cantidad de agua adjudicada para el sector agrícola y pecuario                  | Servicios                    | Litros por segundo  | El sector agropecuario es uno de los mayores competidores por el recurso agua                         | Asegurar la producción alimentaria es parte del desarrollo de las comunidades                                    | La variación del ciclo hidrológico afectará la disponibilidad de agua para todos los sectores       | Dirección de Aguas, MINAE. 2009   |
| Defunciones por Enfermedades Bronco respiratorias Agudas (IRA) | Cantidad de personas que fallecen a causa de una enfermedad bronco respiratoria | Condición humana             | Número de personas que fallecen al año, por cantón                            | Requieren de ambientes higiénicos para evitar crisis. El agua es el primer agente de higiene          | La atención de las IRAS forman parte de uno de los mayores programas de desarrollo de la salud en Costa Rica     | Cambios bruscos de temperatura y las precipitaciones son agentes disparadores de crisis bronquiales | Estadísticas de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS 2008)                         |
| Población dependiente  | Segmento de la población menor a 12 años o mayor a 54 años                      | Condición humana             | Porcentaje de la población cantonal   | Altamente susceptible a la falta de agua potable para mantenimiento y saneamiento                     | Los países desarrollados se caracterizan por programas efectivos de atención de estos grupos etarios             | Estos segmentos de población son los más vulnerables a cambios de temperatura                       | Censo de Población y Vivienda ( INEC 2000)  |

Cuadro 1. Ficha técnica de los indicadores seleccionados de vulnerabilidad del sector hídrico ante el cambio climático (Continuación).

| Indicador                         | Significado  | Componente de Vulnerabilidad | Unidad de expresión   | Relación con el recurso agua   | Relación con el desarrollo humano  | Relación con cambio climático   | Fuente del indicador                        |
|-----------------------------------|--|------------------------------|---|--|--|---|---|
| Población discapacitada           | Segmento de la población que padece ceguera, sordera, amputación, parálisis o trastorno mental       | Condición humana             | Porcentaje de la población cantonal   | Particularmente dependiente de servicios y cuidados relacionados con agua de buena calidad           | Los países desarrollados se caracterizan por programas efectivos de atención de estos grupos etarios | Principalmente en lo referente a la movilización o evacuación ante eventos extremos abruptos                  | Censo de Población y Vivienda ( INEC 2000)  |
| Índice de Desarrollo Humano       | Agrupar tres áreas del desarrollo humano: vida larga y saludable, conocimiento y nivel de vida digno | Condición humana             | Valor del índice  | Las dimensiones de vida saludable y nivel de vida digno se relacionan con cantidad y calidad de agua | Es un índice directo de medición del desarrollo humano   | Una gran mayoría de la población más vulnerable ante eventos extremos, está por debajo de la línea de pobreza | Observatorio de Desarrollo. UCR. (OdD 2005) |
| Necesidades Básicas Insatisfechas | Hogares que no llenan sus necesidades de educación, consumo, salud y vivienda                        | Condición humana             | Porcentaje de hogares del total del cantón, con 1,2,3 o 4 Necesidades Básicas Insatisfechas | Las dimensiones de salud, consumo y vivienda se relacionan con cantidad y calidad de agua            | Las necesidades básicas insatisfechas pueden ser un indicador de pobreza                             | Una gran mayoría de la población más vulnerable ante eventos extremos, está por debajo de la línea de pobreza | Censo de Población y Vivienda ( INEC 2000)  |

Algunas de las principales fuerzas de cambio que pueden afectar las características de los indicadores en los próximos años, se detallan en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Indicadores de vulnerabilidad y fuerzas de cambio identificadas.**

| SECTOR DE DESARROLLO* | INDICADORES SELECCIONADOS  | FUERZAS DE CAMBIO  |
|-----------------------|--|--|
| Población             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Población dependiente</li> </ul>  | Tendencias poblacionales de acuerdo con una baja tasa de fecundidad. Políticas nacionales de atención al adulto mayor y al infante de acuerdo con el programa de gobierno (2010-2014-). Políticas institucionales del Patronato Nacional de la Infancia (PANI) y la Asociación Gerontológica de Costa Rica (AGECO). Proyecto en marcha del Ciudadano de Oro. Tendencia de la conformación poblacional del grupo productivo al 2020 y del cual dependerá la población no activa económicamente. Producto Interno Bruto esperado al 2020 y porcentaje del PIB destinado al sector social. Fondos de Pensiones. |
| Servicios             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viviendas sin electricidad</li> <li>• Viviendas sin acueducto</li> <li>• Infraestructura vial</li> </ul>  | Cobertura del servicio de electricidad (superior al 90%) y agua potable (superior al 60%) al 2009 y programas para mantenimiento y crecimiento de ambas redes. Institucionalidad de ambos sectores, sin competencia privada en el próximo quinquenio. Incorporación de generadores hidroeléctricos privados dentro de la matriz energética. Nuevos proyectos hidroeléctricos y de uso de energías limpias al 2020. Colapso de la red vial nacional. Mejoras en el uso de presupuestos municipales para arreglo de vías cantonales.   |
| Salud                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Población discapacitada</li> <li>• Defunciones por IRAS</li> <li>• Habitantes por EBAIS</li> </ul>  | Políticas nacionales de salud (MINSa) y las iniciativas dirigidas a disminuir la contaminación urbana. Avances en la prevención y atención del asma y enfermedades bronco respiratorias amparados en proyectos de investigación como el ISAC sobre prevalencia de asma infantil en Costa Rica. Tendencias de aumento del parque automotor. Esfuerzos institucionales en salud preventiva, ocupacional y el fortalecimiento de los EBAIS.   |
| Pobreza               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidades básicas insatisfechas</li> <li>• Índice de desarrollo humano</li> </ul>   | Tratados internacionales como el TLC con EUA, con la UE y con China. Alianzas regionales comerciales (Caribe, Colombia, Perú), precio internacional del crudo, tendencia de los conflictos bélicos en países productores de petróleo, dirección económica del nuevo gobierno, Programa Nacional de Erradicación de la pobreza, políticas migratorias del gobierno (2010-2014-) situación socio política de Nicaragua como principal fuente de migraciones hacia Costa Rica. Tendencia de las tasas de inflación proyectadas al 2015.   |
| Vivienda              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viviendas en mal estado</li> </ul>  | Migraciones centroamericanas e inmigraciones del campo a la ciudad. Políticas nacionales y programas de vivienda popular, Programa Nacional de Erradicación de tugurios en marcha. Precio internacional de materiales de construcción, como el hierro. Dinamismo del sector habitacional. Crisis del sector.   |
| Agua                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de agua agropecuario</li> <li>• Disponibilidad de agua per cápita</li> <li>• Cobertura boscosa</li> <li>• Viviendas que usan tanque séptico como medio de eliminación de excretas.</li> </ul> | Tratados internacionales que afecten la explotación del recurso agua subterránea. Indicadores de desarrollo urbanístico y construcción, crecimiento demográfico sobre los acuíferos, reforestación y conservación de zonas de recarga por medio de mecanismos de Áreas Silvestres Protegidas. Proyecto de reconstrucción y creación de acueductos sanitarios financiado por el gobierno de Japón.  |

\* Sector de Desarrollo definido por el Ministerio de Planificación Nacional

### 3.1.3. Perfil de la vulnerabilidad

El perfil de la vulnerabilidad promedia el comportamiento de cada indicador con el fin de brindar un panorama nacional de cómo se compone la vulnerabilidad total. Se puede observar en la figura 3 que los indicadores que tienen mayor incidencia en la expresión final de vulnerabilidad están relacionados directamente con el suministro de agua potable, su protección y contaminación (categoría 1 del cuadro 3). De acuerdo con la contribución de cada indicador se pueden agrupar en cuatro categorías.

Cuadro 3. Categoría de indicadores de vulnerabilidad.

| Categoría | Contribución porcentual | Indicadores   |
|-----------|-------------------------|---|
| 1         | 70-100                  | Potencial hídrico, áreas protegidas, tanque séptico |
| 2         | 50-69                   | Índice de desarrollo humano, infraestructura vial   |
| 3         | 40-49                   | Población dependiente, viviendas en mal estado      |
| 4         | < 40                    | El resto de los indicadores                         |

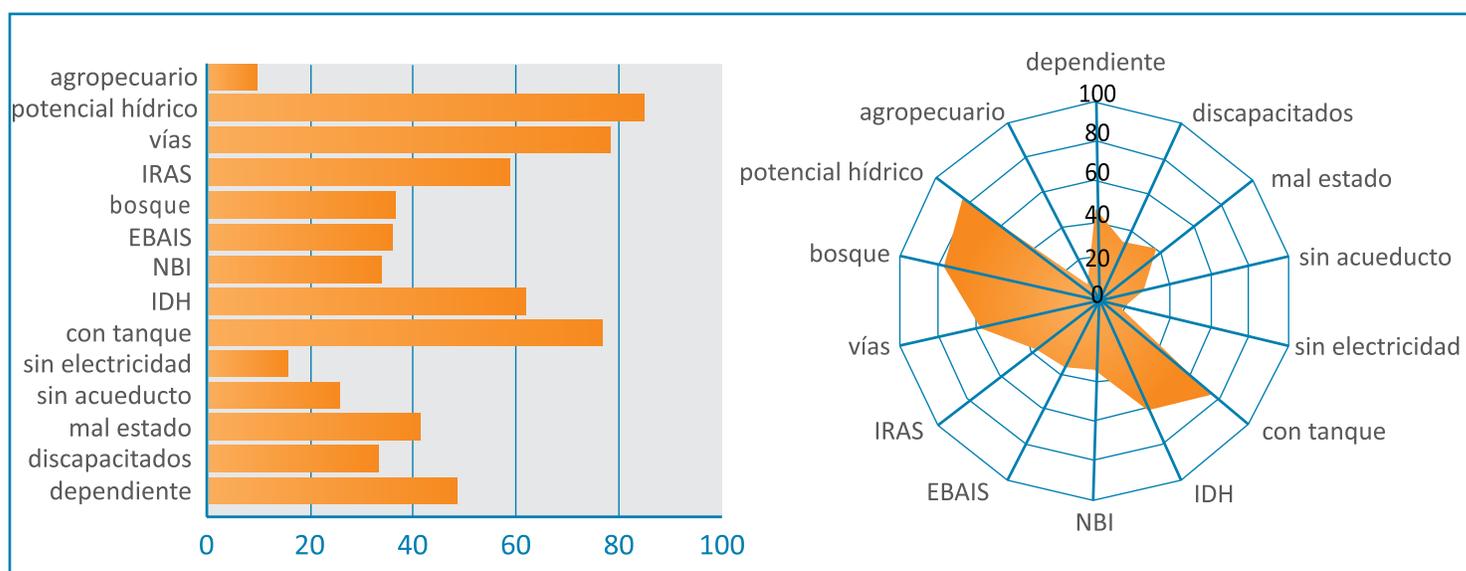


Figura 3. Perfil de vulnerabilidad.

### 3.1.4. Vulnerabilidad integrada

La **vulnerabilidad total**, entendida como la sumatoria de algunas condiciones de fragilidad, presenta características importantes a nivel de provincia. La figura 4 muestra el porcentaje de indicadores que se encuentran dentro del rango media-alta y alta vulnerabilidad por provincia. Por ejemplo, en Limón el 45% de los indicadores evaluados se encuentran dentro del rango de vulnerabilidad media-alta o alta. Mientras tanto, en Cartago tan solo el 18% de los indicadores presenta una vulnerabilidad media-alta o alta.

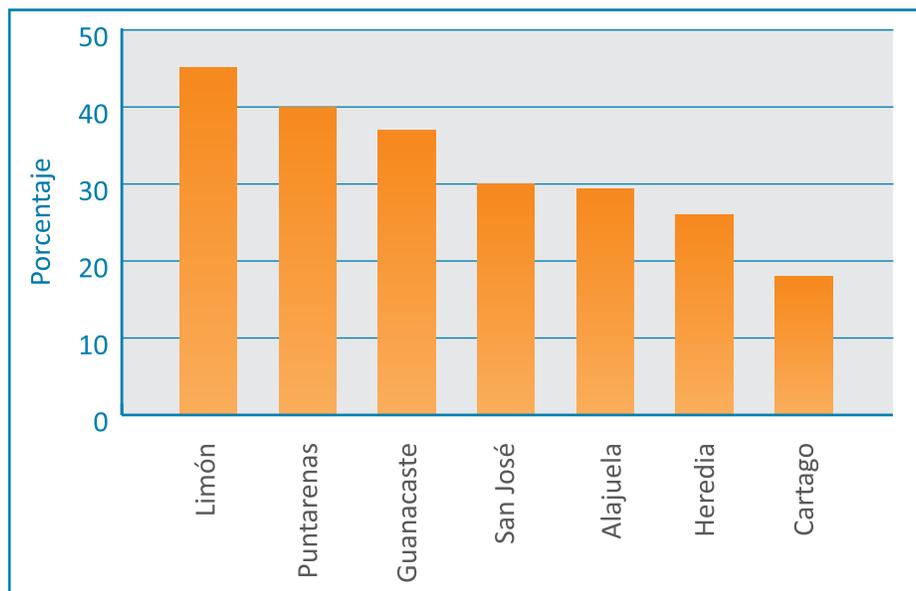


Figura 4. Porcentaje de indicadores con una vulnerabilidad media-alta y alta por provincia.

El orden de media-alta y alta vulnerabilidad por provincia es Limón, Puntarenas, Guanacaste, San José, Alajuela, Heredia y Cartago. Sin embargo, la forma en que se compone la vulnerabilidad en cada provincia es particular. En la figura 5 se presenta el detalle por componentes de vulnerabilidad.

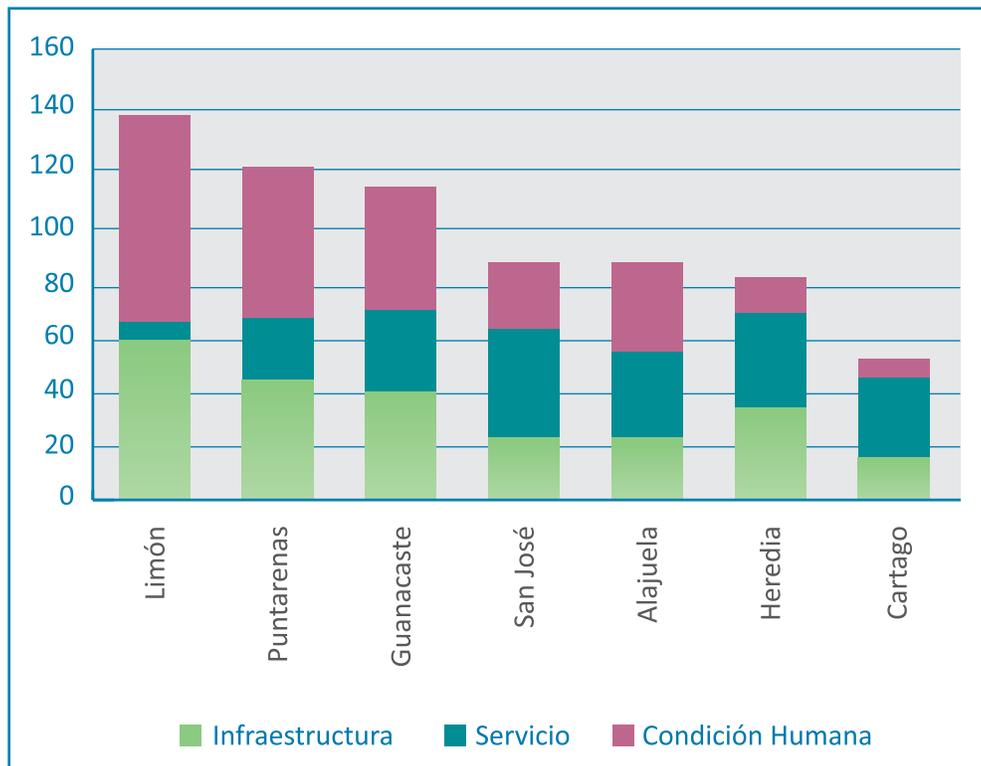


Figura 5. Porcentaje acumulado de los componentes de la alta vulnerabilidad.

Existen variaciones importantes en la participación de los componentes de vulnerabilidad a nivel de provincia. Por ejemplo, la media-alta y alta vulnerabilidad de Limón se debe principalmente a la condición humana de la población y la infraestructura, mientras que en Cartago y Heredia, la condición humana es el componente de vulnerabilidad menos problemático.

En el cuadro 4 se presenta el resumen general por provincia, de los indicadores que se catalogaron de media-alta y alta vulnerabilidad.

Cuadro 4. Indicadores de vulnerabilidad por componentes y provincias.

| 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 | Indice de desarrollo humano             |
| 6 | Disponibilidad de agua por persona | 13 | Necesidades básicas insatisfechas       |
| 7 | Habitantes por EBAIS               | 14 | Defunciones por IRAS                    |

La vulnerabilidad es diferencial en términos espaciales. Por esa razón es difícil dar un peso general a los indicadores en un análisis a nivel nacional. Según la información presentada, la más alta vulnerabilidad que se presenta en las provincias costeras y fronterizas de nuestro país, puede explicarse por un bajo desarrollo humano relacionado con la carencia de bienes, educación, salud y vivienda digna; un alto porcentaje de grupos etarios considerados vulnerables (dependientes, con alguna discapacidad física y problemas de salud).

La vulnerabilidad en el centro del país, cambia hacia el componente de servicios. La alta concentración poblacional motivada por diferentes fenómenos que hacen migrar la población rural hacia las ciudades y el crecimiento desordenado del lote residencial, presionan el sistema de prestación de servicios efectivos y eficientes. Tres indicadores son relativos al número de personas, por lo que su “calificación” empeora con el aumento poblacional si no se toman medidas urgentes: disponibilidad de agua por persona, el

número de centros de salud por población y el uso de tanque séptico como medio de eliminación de excretas. A estos se une la falta de cobertura boscosa delimitada por ley y que es la zona de protección de los principales acuíferos del área.

La complejidad del análisis de vulnerabilidad aumenta conforme se cambia de escala. Por ejemplo la alta vulnerabilidad de **Limón** se debe al componente de condiciones humanas y el de infraestructura. Sin embargo, al detallar por indicadores a nivel de cantón, el panorama se enriquece, tal y como se muestra en el cuadro 5.

**Cuadro 5. Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Limón.**

| COMPONENTES |           | INFRAESTRUCTURA |      |      |      | SERVICIOS |      |      |      |      | CONDICION HUMANA |      |      |      |      |
|-------------|-----------|-----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| INDICADORES |           | 1               | 2    | 3    | 4    | 5         | 6    | 7    | 8    | 9    | 10               | 11   | 12   | 13   | 14   |
| CANTONES    | Limón     | Alta            | Baja | Baja | Alta | Baja      | Baja | Baja | Baja | Baja | Alta             | Baja | Alta | Baja | Alta |
|             | Pococí    | Alta            | Alta | Baja | Alta | Baja      | Baja | Baja | Baja | Baja | Alta             | Alta | Alta | Alta | Baja |
|             | Siquirres | Alta            | Alta | Baja | Baja | Baja      | Baja | Baja | Baja | Baja | Alta             | Baja | Alta | Alta | Baja |
|             | Talamanca | Alta            | Alta | Baja | Alta | Baja      | Baja | Baja | Alta | Baja | Alta             | Baja | Alta | Alta | Baja |
|             | Matina    | Alta            | Alta | Baja | Baja | Alta      | Baja | Baja | Alta | Baja | Alta             | Alta | Alta | Alta | Baja |
|             | Guacimo   | Baja            | Alta | Baja | Alta | Baja      | Baja | Baja | Baja | Baja | Alta             | Alta | Alta | Alta | Baja |

Alta                      Baja

|   |                                    |    |   |
|---|------------------------------------|----|---|
| 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                    |

El Índice de Desarrollo Humano, las Necesidades Básicas Insatisfechas y la población dependiente son los indicadores de mayor peso en el componente de condición humana de la vulnerabilidad alta de la provincia de Limón. Por otro lado, las viviendas en mal estado y sin acueducto tienen un peso importante en el componente de infraestructura.

La situación en **Puntarenas** es semejante a la de Limón, sin embargo, la mayor vulnerabilidad se presenta hacia el sur de la provincia (Pacífico Central y Pacífico Sur). Tanto las condiciones humanas como la infraestructura son los principales componentes de la media-alta y alta vulnerabilidad, destacándose los indicadores de vivienda (mal estado y sin acueducto). En el componente de condiciones humanas se destaca el bajo Índice de Desarrollo Humano, las Necesidades Básicas Insatisfechas y tanto la población dependiente como la discapacitada.

**Cuadro 6. Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Puntarenas.**

| COMPONENTES |               | INFRAESTRUCTURA |      |      |      | SERVICIOS |      |      |      |      | CONDICION HUMANA |      |      |      |      |
|-------------|---------------|-----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| INDICADORES |               | 1               | 2    | 3    | 4    | 5         | 6    | 7    | 8    | 9    | 10               | 11   | 12   | 13   | 14   |
| CANTONES    | Puntarenas    | Alta            |      | Baja |      |           |      | Baja |      | Alta |                  | Alta |      |      |      |
|             | Esparza       |                 |      | Alta | Baja |           | Alta | Alta | Baja | Baja |                  |      |      |      |      |
|             | Buenos Aires  | Alta            | Alta | Baja | Alta | Alta      | Baja | Alta | Alta | Baja | Alta             |      | Alta | Alta | Baja |
|             | Montes de Oro |                 |      | Alta |      |           | Alta | Baja | Baja | Baja |                  | Alta |      |      | Alta |
|             | Osa           | Alta            | Alta |      |      | Baja      | Baja | Baja | Alta | Alta | Alta             | Alta | Alta | Alta | Alta |
|             | Aguirre       | Alta            |      |      |      | Alta      | Baja | Baja |      | Alta |                  | Alta | Alta | Alta |      |
|             | Golfoito      | Alta            | Alta |      | Alta | Baja      | Baja | Alta | Baja | Baja | Alta             |      | Alta | Alta | Alta |
|             | Coto Brus     | Alta            | Alta | Alta | Alta | Alta      | Alta | Baja |      | Baja | Alta             | Alta | Alta | Alta | Alta |
|             | Parrita       | Alta            | Alta |      |      | Alta      | Baja | Baja | Alta | Baja | Alta             | Alta | Alta | Alta | Alta |
|             | Corredores    | Alta            | Alta |      |      | Alta      | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta             | Alta | Alta | Alta | Alta |
|             | Garabito      |                 |      |      |      |           |      | Alta |      | Alta | Alta             | Baja | Baja |      | Baja |

Alta                      Baja

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

En **Guanacaste**, las condiciones varían un poco a pesar que las condiciones humanas siguen siendo el principal componente de vulnerabilidad al igual que en las dos provincias anteriores. En este sentido, los problemas de salud parecen ser el factor más importante en cuanto al grupo vulnerable. La población discapacitada, presenta valores altos en 6 de los 10 cantones, mientras las muertes por IRAS se hacen notorias principalmente en Nicoya, Santa Cruz, Tilarán, la Cruz y Hojanca). Se suman a estas condiciones, las viviendas en mal estado y sin acueducto junto una deficiente cobertura boscosa, son otros indicadores que registran un patrón espacial importante. En cuanto a los servicios llama la atención la competencia por el recurso hídrico creada por el agua destinada a actividades agropecuarias en los cantones cercanos al distrito de riego: Cañas, Bagaces y Tilarán. A pesar de esto, aún la disponibilidad de agua por persona es buena, con excepción de Hojanca.

**Cuadro 7. Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Guanacaste.**

| COMPONENTES |            | INFRAESTRUCTURA |      |      |      | SERVICIOS |      |      |      |      | CONDICION HUMANA |      |      |      |      |
|-------------|------------|-----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| INDICADORES |            | 1               | 2    | 3    | 4    | 5         | 6    | 7    | 8    | 9    | 10               | 11   | 12   | 13   | 14   |
| CANTONES    | Liberia    |                 |      | Alta | Alta |           | Baja | Baja | Baja | Baja |                  |      |      |      |      |
|             | Nicoya     | Alta            | Baja | Baja |      | Baja      |      | Alta | Baja | Alta |                  | Alta |      | Baja |      |
|             | Santa Cruz | Baja            |      | Baja |      | Alta      |      | Alta |      | Alta | Baja             | Alta | Alta |      | Alta |
|             | Bagaces    |                 |      |      | Alta | Baja      | Alta | Alta | Baja | Alta | Baja             |      |      |      | Baja |
|             | Carrillo   |                 |      |      | Baja | Alta      |      | Baja |      |      |                  | Alta | Alta |      |      |
|             | Cañas      | Baja            |      | Baja | Baja | Baja      | Baja |      |      |      | Alta             |      |      |      |      |
|             | Abangares  | Alta            | Baja |      |      | Baja      | Baja | Alta |      | Alta | Baja             | Alta | Baja | Baja | Baja |
|             | Tilarán    |                 |      | Baja | Alta |           | Alta | Alta | Baja | Alta |                  | Alta | Alta |      | Alta |
|             | Nandayure  | Baja            | Alta | Baja | Alta | Alta      |      | Alta | Baja | Alta |                  | Alta | Alta | Alta | Alta |
|             | La Cruz    | Baja            | Baja | Alta | Baja | Alta      | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta             | Alta | Alta | Alta | Alta |
|             | Hojanca    |                 | Alta | Baja | Baja | Alta      | Baja | Alta | Baja | Alta | Alta             | Baja |      | Alta | Alta |

|   |      |
|---|------|
| Alta  | Baja |
|  |      |

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

**San José** es la cuarta provincia de mayor vulnerabilidad. Presenta una gran diseminación de condiciones altamente vulnerables en los diferentes cantones, sin embargo, se observa una mayor tendencia en los indicadores de falta de cobertura boscosa, disponibilidad hídrica per cápita y número de habitantes por EBAIS. Todos estos son indicadores del componente servicios. Sin embargo, llama la atención los problemas de la infraestructura vial en algunos cantones de la provincia, que los hace altamente vulnerables.

Los cantones de Acosta, Turrubares, Pérez Zeledón y León Cortés, presentan altos niveles de vulnerabilidad en indicadores de condición humana, tales como población dependiente, desarrollo humano y necesidades básicas insatisfechas.

**Cuadro 8. Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de San José.**

| COMPONENTES   |                     | INFRAESTRUCTURA |      |      |      | SERVICIOS |      |      |      |      | CONDICION HUMANA |      |      |      |      |
|---------------|---------------------|-----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| INDICADORES   |                     | 1               | 2    | 3    | 4    | 5         | 6    | 7    | 8    | 9    | 10               | 11   | 12   | 13   | 14   |
| CANTONES      | San José            |                 | Alta | Alta |      | Alta      | Alta | Alta | Baja |      | Baja             | Baja | Baja | Baja |      |
|               | Escazú              | Baja            | Alta | Alta | Alta |           | Alta | Alta |      |      | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Desamparados        |                 | Alta | Baja | Baja | Baja      | Alta | Alta |      |      | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Puriscal            |                 |      |      | Baja | Baja      |      | Baja | Baja | Baja | Baja             | Alta | Alta |      | Alta |
|               | Tarrazú             | Baja            | Baja |      | Alta |           | Baja |      | Baja | Baja | Alta             |      | Alta |      | Baja |
|               | Aserri              |                 |      | Baja | Alta |           | Alta | Baja | Baja | Baja |                  |      | Baja | Baja | Baja |
|               | Mora                |                 |      |      | Baja | Baja      | Baja | Alta |      | Baja | Baja             |      |      |      | Baja |
|               | Goicoechea          | Baja            | Alta | Baja |      |           | Alta | Alta | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Santa Ana           | Baja            |      | Alta | Baja | Baja      | Alta |      | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Alajuelita          |                 | Alta | Baja | Alta | Baja      | Alta | Alta |      |      |                  |      |      |      | Baja |
|               | Vázquez de Coronado | Alta            | Alta | Alta |      | Baja      | Alta | Alta |      | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Acosta              | Baja            | Baja |      | Alta | Baja      | Baja |      |      | Baja | Baja             | Alta | Alta | Alta | Alta |
|               | Tibás               | Baja            | Alta | Baja |      | Alta      | Alta | Baja | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Moravia             | Alta            | Alta | Baja |      | Alta      | Alta | Alta | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Montes de Oca       | Alta            | Alta | Alta | Alta | Alta      | Alta | Alta |      |      |                  |      |      |      |      |
|               | Turrubares          | Baja            |      |      | Baja |           | Baja | Baja | Baja | Baja | Baja             | Alta | Alta | Alta | Alta |
|               | Dota                | Alta            | Alta |      | Baja | Baja      | Baja | Baja | Baja | Baja | Alta             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|               | Curidabat           | Alta            | Alta | Baja |      | Alta      | Alta |      | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
| Pérez Zeledón |                     | Baja            |      |      | Baja | Baja      | Alta | Baja | Alta | Alta |                  | Alta | Alta | Alta |      |
| León Cortés   |                     | Baja            |      |      | Alta | Baja      |      |      | Alta | Alta |                  | Alta | Alta | Alta |      |

|   |  |
|---|--|
| Alta  | Baja   |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> |

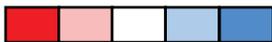
|  |   |
|--|---|
| <p>1 Viviendas en mal estado</p> <p>2 Viviendas sin acueducto</p> <p>3 Viviendas con tanque séptico</p> <p>4 Infraestructura vial</p> <p>5 Area sin zonas protegidas</p> <p>6 Disponibilidad de agua por persona</p> <p>7 Habitantes por EBAIS</p> | <p>8 Viviendas sin electricidad</p>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

La provincia de **Alajuela** muestra un patrón semejante a San José: amplia disseminación de indicadores de alta vulnerabilidad en los diferentes cantones de la provincia. Es notoria las condiciones de alta vulnerabilidad de los cantones de Upala, Los Chiles y Guatuso, pertenecientes a la Zona Norte de Costa Rica, fronteriza con Nicaragua. Las condiciones de bajo desarrollo humano, pobreza, poblaciones dependientes y discapacitadas, sumadas a mala infraestructura en vivienda, son los responsables de la alta vulnerabilidad de estos cantones. Por otra parte, destacan el uso de tanque séptico como medio de eliminación de excretas, la falta de cobertura boscosa protegida por ley, la baja disponibilidad de recurso hídrico y una baja cobertura de EBAIS (aunado a un porcentaje importante de muertes por IRAS), como los principales problemas para el resto de cantones de la provincia.

**Cuadro 9. Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Alajuela.**

| COMPONENTES |               | INFRAESTRUCTURA |   |   |   | SERVICIOS |   |   |   |   | CONDICION HUMANA |    |    |    |    |
|-------------|---------------|-----------------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|------------------|----|----|----|----|
|             |               | 1               | 2 | 3 | 4 | 5         | 6 | 7 | 8 | 9 | 10               | 11 | 12 | 13 | 14 |
| CANTONES    | Alajuela      |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | San Ramón     |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Grecia        |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | San Mateo     |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Atenas        |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Naranjo       |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Palmares      |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Poás          |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Orotina       |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | San Carlos    |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Alfaro Ruiz   |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Valverde Vega |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Upala         |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |
|             | Los Chiles    |                 |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |

|   |      |
|---|------|
| Alta  | Baja |
|  |      |

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

**Heredia**, es la segunda provincia con menos vulnerabilidad media-alta y alta. El patrón se encuentra muy bien definido. Los indicadores de uso de tanque séptico, y disponibilidad de agua por persona, son los que presentan mayor problema. La falta de cobertura boscosa protegida por ley es importante en los cantones centrales, netamente urbanos y la baja cobertura de centros de salud en relación con la población también puede ser problemático en esta provincia. Destaca el contraste entre Sarapiquí (altamente vulnerable) con el resto de cantones.

**Cuadro 10. Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Heredia.**

| COMPONENTES |               | INFRAESTRUCTURA |            |            |            | SERVICIOS  |            |       |      | CONDICION HUMANA |            |            |      |      |            |
|-------------|---------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|------|------------------|------------|------------|------|------|------------|
| INDICADORES |               | 1               | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7     | 8    | 9                | 10         | 11         | 12   | 13   | 14         |
| CANTONES    | Heredia       | Blue            | Blue       | Light Blue | Light Red  | Blue       | Light Red  | Red   | Blue | White            | Blue       | Light Blue | Blue | Blue | White      |
|             | Barva         | Blue            | Blue       | Red        | Blue       | Light Blue | Red        | White | Blue | Blue             | Blue       | Light Blue | Blue | Blue | Light Blue |
|             | Santo Domingo | Blue            | Blue       | Red        | White      | Red        | Light Blue | White | Blue | Blue             | Blue       | Blue       | Blue | Blue | Light Blue |
|             | Santa Bárbara | Light Blue      | Light Blue | Red        | Light Blue | White      | Red        | White | Blue | Blue             | Light Blue | Light Blue | Blue | Blue | Blue       |
|             | San Rafael    | Light Blue      | Blue       | Red        | Light Red  | White      | Red        | Red   | Blue | Blue             | Blue       | White      | Blue | Blue | Red        |
|             | San Isidro    | Blue            | Light Blue | Red        | Red        | White      | Red        | Red   | Blue | Blue             | Blue       | Blue       | Blue | Blue | Light Blue |
|             | Belén         | Blue            | Blue       | Red        | Light Blue | Red        | Red        | White | Blue | Blue             | Blue       | Blue       | Blue | Blue | Red        |
|             | Flores        | Blue            | Light Blue | Red        | Blue       | Red        | Red        | White | Blue | Blue             | Blue       | Light Blue | Blue | Blue | Red        |
|             | San Pablo     | Blue            | Blue       | Red        | Blue       | Red        | Red        | White | Blue | Blue             | Blue       | White      | Blue | Blue | White      |
|             | Sarapiquí     | Red             | Red        | Light Blue | Red        | Blue       | Blue       | White | Red  | Red              | Red        | White      | Red  | Red  | White      |

Alta                      Baja

|   |                                    |    |   |
|---|------------------------------------|----|---|
| 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                    |

**Cartago** es el cantón menos vulnerable. Su patrón es parecido al de Heredia, sin embargo no presenta un cantón discordante como el caso de Sarapiquí. El uso de tanque séptico, la poca disponibilidad de agua por persona y la baja cobertura de centros de salud, son los principales problemas de los cantones de la provincia.

**Cuadro 11. Indicadores de vulnerabilidad por componentes. Cantones de Cartago.**

| COMPONENTES |           | INFRAESTRUCTURA |      |      |      | SERVICIOS |      |      |      |      | CONDICION HUMANA |      |      |      |      |
|-------------|-----------|-----------------|------|------|------|-----------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------|
| INDICADORES |           | 1               | 2    | 3    | 4    | 5         | 6    | 7    | 8    | 9    | 10               | 11   | 12   | 13   | 14   |
| CANTONES    | Cartago   | Alta            | Baja | Baja | Alta | Baja      | Alta | Baja | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Alta |
|             | Paraíso   | Baja            | Baja | Baja | Baja | Baja      | Baja | Alta | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|             | La Unión  | Baja            | Baja | Alta | Baja | Baja      | Alta | Baja | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|             | Jiménez   | Baja            | Baja | Baja | Baja | Baja      | Baja | Baja | Baja | Alta | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|             | Turrialba | Baja            | Baja | Baja | Baja | Baja      | Baja | Baja | Baja | Alta | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|             | Alvarado  | Baja            | Baja | Alta | Baja | Baja      | Baja | Baja | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|             | Oreamuno  | Baja            | Baja | Baja | Baja | Baja      | Baja | Baja | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |
|             | El Guarco | Baja            | Baja | Alta | Baja | Baja      | Baja | Alta | Baja | Baja | Baja             | Baja | Baja | Baja | Baja |

Alta                      Baja

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 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 integración de indicadores de vulnerabilidad en un índice, permite obtener una visión general y comparar entre cantones. Se obtiene un mosaico bajo una sola condición (vulnerabilidad integral), de forma tal que se identifican los cantones que presentan una mayor vulnerabilidad. Esta herramienta puede ser usada para priorizar zonas con el fin de establecer estrategias de atención a las fragilidades del sistema. Los 15 cantones que presentaron mayor vulnerabilidad de acuerdo con el índice integrado, se presentan en las figuras 6 y 7.

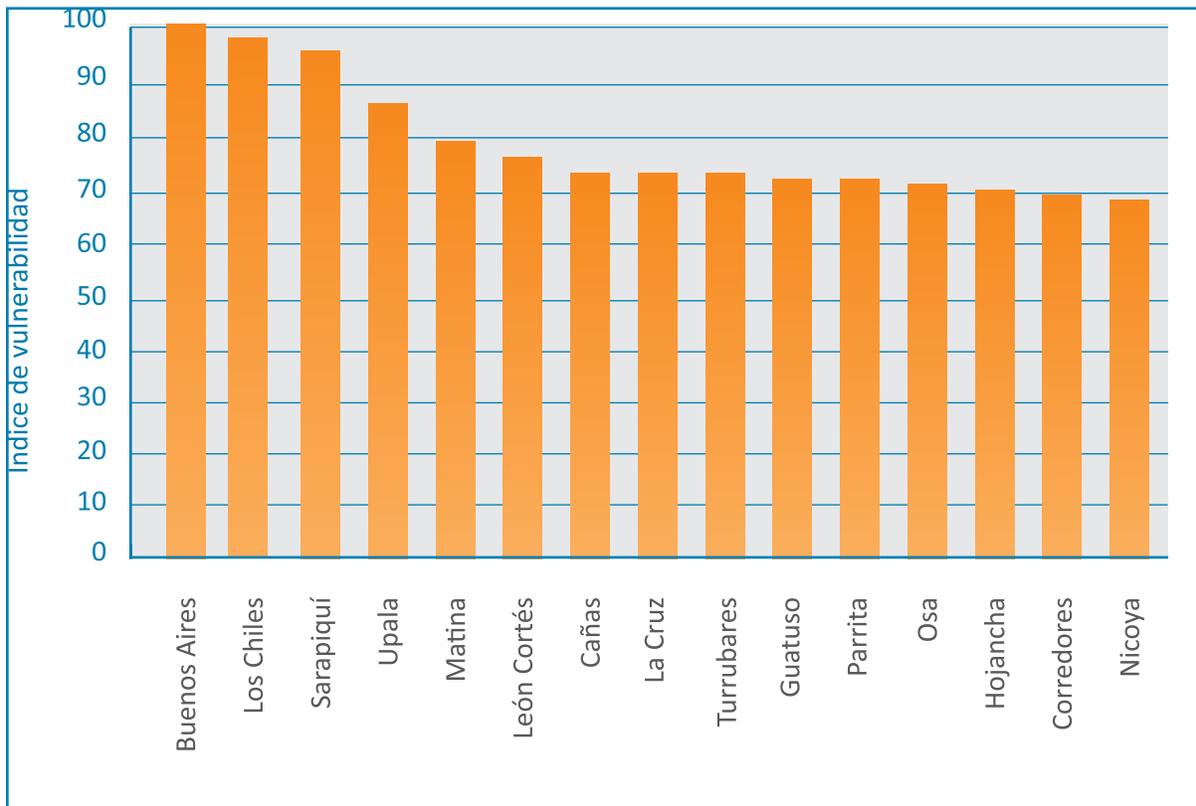


Figura 6. Los 15 cantones de más alta vulnerabilidad.

Al usar el índice integrado se comparan cantones, identificando los más y menos vulnerables. Esto no quiere decir que las áreas con vulnerabilidad baja no deben de ser atendidas. El índice es una herramienta de priorización, pero los tomadores de decisión o las redes de acción local, deben de revisar los indicadores de cada cantón con el fin de atender todas las necesidades. Ahora bien, este análisis de vulnerabilidad no debe de sustentar aún el diseño de estrategias de adaptación al cambio climático. El escenario del riesgo, es la herramienta que mejor fundamenta las decisiones al respecto ya que indicará las zonas de mayor vulnerabilidad socio-económica y que además han sido frecuentemente impactadas por eventos extremos hidrometeorológicos.

En la figura 7 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.

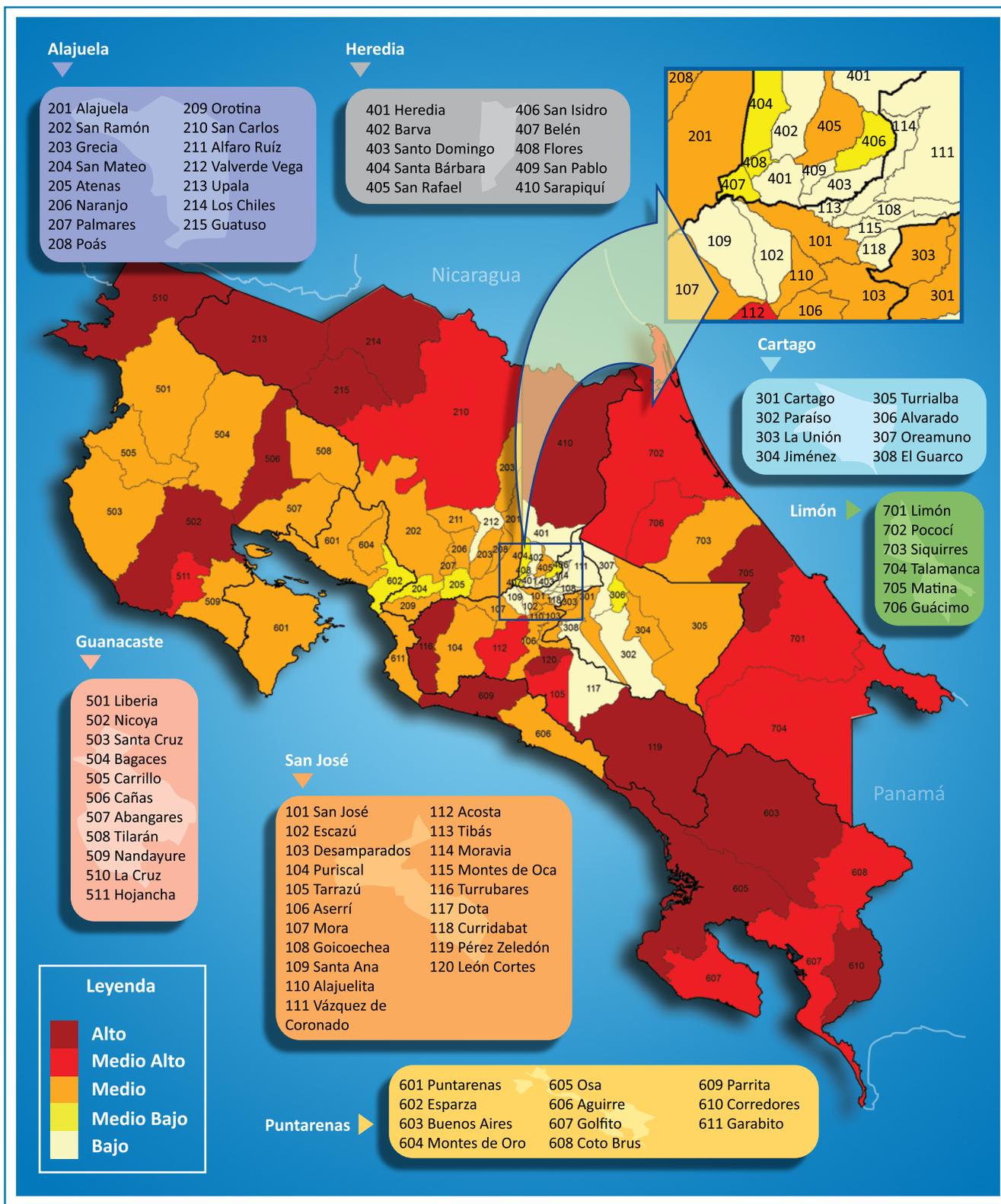


Figura 7. Índice de vulnerabilidad integrada.

Tal y como se ha referido anteriormente, 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.

### **3.1.5. Vulnerabilidad asociada al desarrollo humano y la equidad de género**

La vulnerabilidad analizada en este estudio no corresponde a un solo elemento. Intenta una visión integral, panorámica y coherente con la realidad del país. Sin embargo, 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.

Por ejemplo, de los 15 cantones más vulnerables en este estudio, 11 se encuentran dentro de los cantones de menor Índice de Desarrollo Humano al 2007. Dentro de estos 11 cantones vulnerables y con bajo IDH, 10 cantones presentan los más bajos Índices de Desarrollo Relativo al Género (IDG) (Ver Fig. 9).

El grupo de mayor vulnerabilidad identificado en este estudio es aquel que integra las carencias de una vida saludable, educación, poder adquisitivo y vivienda digna como elementos de pobreza integral. Además, en este grupo el género influye en la equidad de desarrollo, siendo que un alto porcentaje de hogares con jefatura femenina presenta condiciones de pobreza y pobreza extrema. Asimismo, si la situación de edad o capacidad física impide la integración de este grupo a la población económicamente activa o al grupo productivo formal, se potencia la condición de dependencia. En resumen, es un grupo desposeído, poco productivo, dependiente y desplazado por su género.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2009) en el país existen aproximadamente 712 mil personas pobres de los cuales 220 mil viven en condiciones de pobreza extrema de acuerdo a su nivel de ingreso. Aunque el nivel de pobreza el INEC lo determina de acuerdo a su condición económica, es muy probable que estas personas que viven en extrema pobreza mantengan el perfil de vulnerabilidad descrito anteriormente en este estudio. Tal y como se presenta en la figura 8, la Región Central del país es la que posee la mayor cantidad de personas en pobreza extrema.

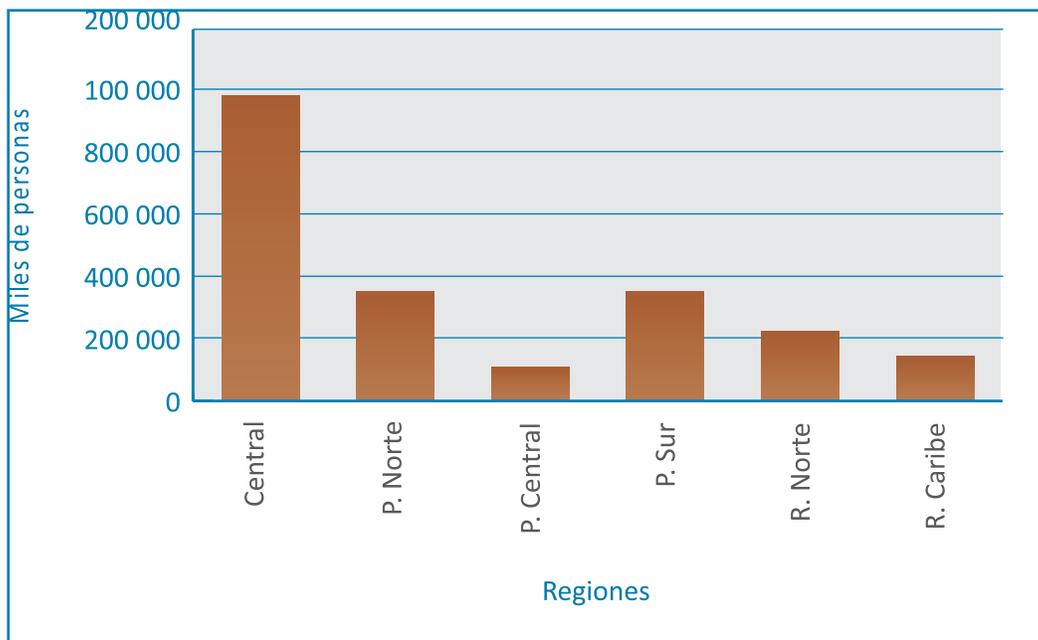


Figura 8. Número de personas pobres según región de desarrollo del país.

Paradójicamente, esta es la zona geográfica de menor vulnerabilidad integral. La conclusión es que la pobreza de la Región Central del país se invisibiliza en este análisis por un simple factor matemático de concentración poblacional. El porcentaje de pobres (vulnerables) en el área central de Costa Rica, se diluye por la alta densidad poblacional en una zona que ofrece las mejores oportunidades y condiciones de vida (en términos generales y estadísticos). Evidentemente, se debe de diseñar una estrategia de atención a zonas vulnerables dentro de áreas de baja vulnerabilidad. No excluirlas de ninguna manera. La diferencia será la norma que rijan la priorización de áreas y su atención planificada en el tiempo, con el fin de hacer un uso eficiente de recursos. Por otra parte, la pobreza de la Región Central se asocia con migraciones del campo a la ciudad por desplazamiento de mano de obra y falta de oportunidades de trabajo ante la transformación rural que vive el país. La agricultura tradicional se reduce mientras otros medios de vida que exigen mayor preparación se consolidan, como por ejemplo el turismo y la prestación de servicios. También contribuye con este comportamiento la migración extranjera que aporta servicios poco calificados y mal remunerados en las principales ciudades. La pobreza urbana tiene otras connotaciones sociales como el consumo de drogas, la prostitución, inequidad y violencia doméstica.

Como se dijo anteriormente, de los once cantones altamente vulnerables y de menor Índice de Desarrollo Humano, 10 presentan el menor Índice de Desarrollo Relativo al Género tal y como se observa en la figura 9. Estos cantones son de características rurales donde la pobreza tiene otras formas y dimensiones diferentes a la pobreza urbana de la Región Central.

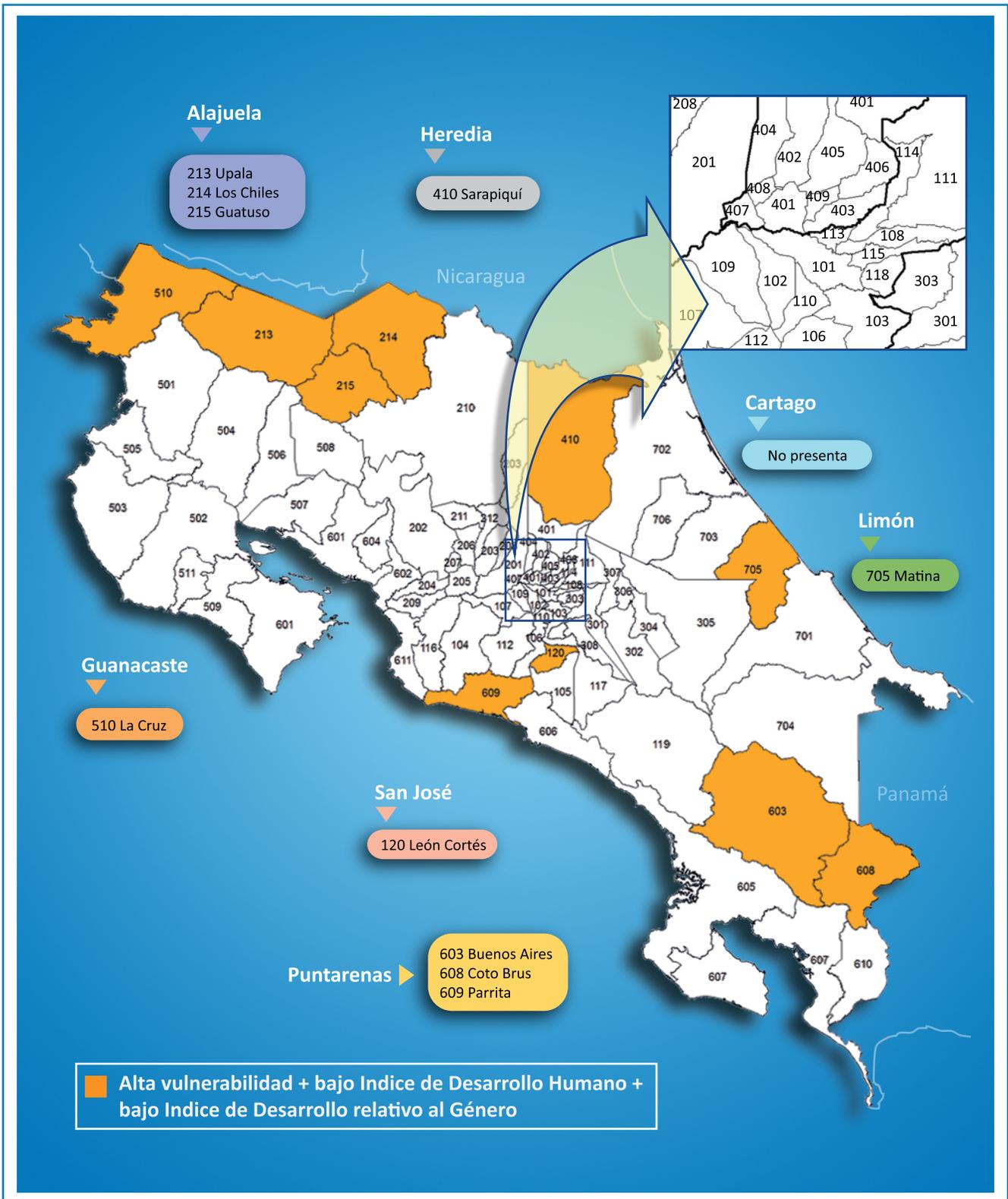


Figura 9. Cantones de mayor vulnerabilidad coincidentes con el menor IDG.

La pobreza rural se caracteriza por una baja posibilidad de traslado físico de familias enteras a zonas de mejores recursos. Normalmente, la subsistencia de estos grupos se basa aún en una agricultura rudimentaria, por lo que su realidad está muy ligada a la posesión de la tierra y el riesgo de producción en situaciones climáticas adversas. Las mujeres y los niños están involucrados directamente en las actividades del campo y es el hombre el primero en desplazarse en busca de trabajo remunerado. La falta de medios de comunicación (de todo tipo) termina por aislar estos grupos de población. Además, un alto porcentaje de estos hogares en pobreza extrema son liderados por mujeres (Céspedes y Jiménez 2006). En la figura 10 se presenta el porcentaje de hogares liderados por mujeres, de acuerdo a la región de planificación.

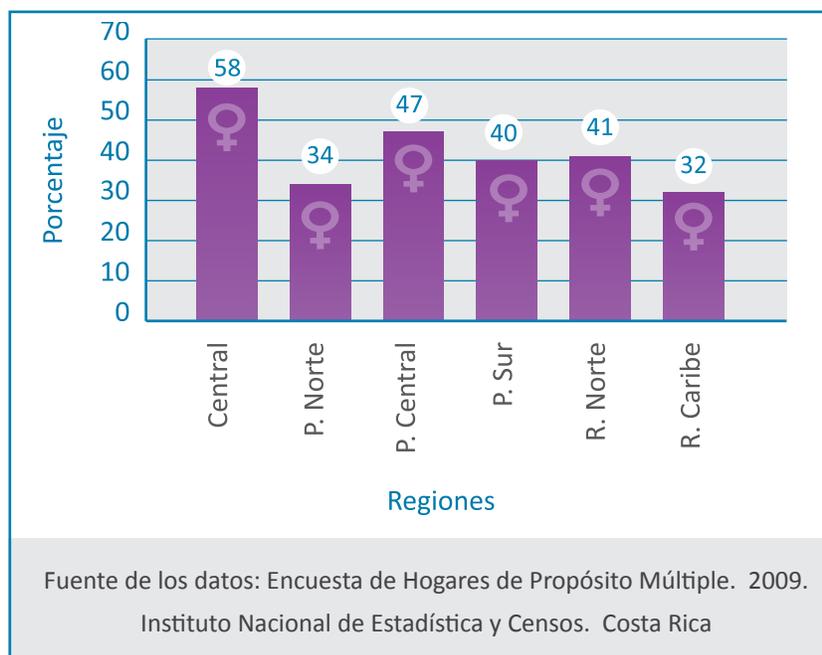


Figura 10. Porcentaje de hogares en pobreza extrema con jefatura femenina 2009.

Llama la atención de que a pesar que la región Pacífico Central presenta la menor cantidad de personas en pobreza extrema (según la figura 10), es la segunda región en cuanto a hogares cuya jefatura es a cargo de mujeres (47%). Según Céspedes y Jiménez (2006), el hecho de que los hogares rurales en pobreza encabezados por mujeres sean más pobres que los encabezados por hombres, obedece al hecho de que presentan menores receptores de ingresos, tienen un mayor número de miembros y una menor educación. Tal y como lo cita PRODU (2009), la mayor deficiencia en hogares que presentan Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) como indicador de pobreza, es la educación. Los grupos etarios pobres entre los 10 y 17 años, dejan de asistir a la educación pública para integrarse en mercados de trabajo infantil donde normalmente son explotados.

## 3.2. Amenaza actual

### 3.2.1. Eventos extremos hidrometeorológicos

El clima, como una expresión del estado promedio de los diferentes elementos meteorológicos en una región, está compuesto también por variaciones de estos parámetros. Estas fluctuaciones se dan en diferentes escalas de tiempo, desde horas hasta años. Bajo condiciones particulares, algunos fenómenos de variabilidad climática pueden hacer que las desviaciones del promedio lleguen a ser extremas. Precisamente este tipo de eventos extremos son potencialmente destructivos causando grandes impactos ecológicos y socioeconómicos (De Luis et al 2001). Sumado a la magnitud del evento extremo, se debe agregar la vulnerabilidad de los sistemas que pueden potenciar el efecto del fenómeno atmosférico.

Cuando un extremo meteorológico impacta negativamente un sector socio productivo, el tiempo atmosférico se convierte en una amenaza y el clima deja de percibirse como un recurso. Si la lluvia o la temperatura pueden considerarse recursos naturales que pueden ser aprovechados en beneficio del hombre, sus manifestaciones extremas amenazan el desarrollo social y la estabilidad económica de los pueblos.

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC 2007), “los eventos meteorológicos extremos son fenómenos raros en determinado lugar y época del año”. A pesar que el IPCC define lo extremo como un fenómeno “poco frecuente”, actualmente los eventos meteorológicos o climáticos extremos están referidos no tanto a su probabilidad de ocurrencia, como a la magnitud del impacto (DPA 2007, citando reportes de la OMM). Por ejemplo, los huracanes son eventos estacionales que se repiten año tras año y son frecuentes en la cuenca del Caribe. Por lo tanto, tienen una alta probabilidad de afectar áreas comprendidas dentro de sus rutas de paso. Sin embargo, alguno de estos fenómenos recurrentes, puede alcanzar una magnitud tal que el impacto provocado a la economía de los países afectados, lo hagan catalogar como un verdadero evento meteorológico extremo.

Recientemente los extremos del clima, bajo la perspectiva del cambio climático, han despertado un interés general sobre su comportamiento futuro, dada la influencia directa sobre el desarrollo de los pueblos. Por esta razón, aumentar el conocimiento sobre dónde, cuándo y cómo un evento extremo del clima puede impactar una comunidad, adquiere una gran importancia en nuestros días.

El objetivo de este capítulo es caracterizar la amenaza climática en Costa Rica de acuerdo con la magnitud, recurrencia e impacto de eventos extremos meteorológicos, asociados con la lluvia (exceso o déficit). Este estudio servirá de base técnica para el análisis de riesgo, asociado a la vulnerabilidad de los diferentes sectores o sistemas que se ven afectados por el clima, su variabilidad y cambio climático.

### **3.2.2. Eventos extremos secos: corredor seco de Costa Rica**

Las sequías corresponden a eventos extremos secos que presentan un período evolutivo de largo plazo (meses y años). Este tipo de fenómenos extendidos en el tiempo, permiten planificar acciones sectoriales con el fin de reducir el impacto y a la vez crear una conciencia de preparación con un tiempo aceptable de antelación. Sin embargo, al ser eventos de largo plazo, el efecto acumulativo de los días, semanas y meses secos, erosiona visiblemente los recursos y puede agotar las capacidades de atención, aumentando la vulnerabilidad de la zona y retrasando las acciones de recuperación. Por este motivo, la caracterización de las sequías en cuanto a su área de cobertura geográfica, su intensidad y período de retorno, es fundamental para diseñar estrategias de prevención, atención y adaptación.

La sequía puede presentarse en cualquier parte de un territorio, aunque existen zonas que históricamente han sido más afectadas por este tipo de fenómenos. La presencia recurrente de períodos secos prolongados a lo largo de un área particular, deja una huella importante en su entorno. La vegetación se adapta progresivamente a cantidades limitadas de agua y la fauna que se asocia, empieza a ser característica de zonas secas y áridas. Este tipo de zonas se conocen como corredores secos, de gran importancia ecológica y productiva.

En el cuadro 12 se presentan los criterios de selección para identificar los eventos secos extremos en las diferentes regiones climáticas de Costa Rica.

**Cuadro 12. Características de los eventos extremos secos en las regiones climáticas de Costa Rica. Período 1960 - 2009.**

| Región           | Criterio de intendidad (%)* | Criterio de cobertura relativa (%)** | Frecuencia de eventos (años) |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Pacífico Norte   | 20                          | 83                                   | 7.3                          |
| Pacífico Central | 18                          | 91                                   | 8.6                          |
| Pacífico Sur     | 18                          | 86                                   | 8.8                          |
| Región Central   | 15                          | 95                                   | 7.5                          |
| Zona Norte       | 17                          | 66                                   | 7.8                          |
| Caribe Norte     | 17                          | 83                                   | 8.2                          |
| Caribe Sur       | 17                          | 83                                   | 8.4                          |

\* Se refiere al límite por debajo del cual el déficit observado se considera un evento seco extremo.

\*\*Se refiere al porcentaje de cobertura relativo sobre el cual se considera que el evento extremo se extendió significativamente en la región. La cobertura está dada por el número de estaciones meteorológicas usadas. Por ejemplo, si se usaron 10 estaciones para estudiar el Pacífico Norte y en un año seco extremo las 10 estaciones mostraron un déficit por encima del valor de criterio (20%), se dice entonces que la cobertura relativa de la sequía para ese año en particular fue de un 100%.

Las sequías en Costa Rica son recurrentes pero aperiódicas. En promedio se registra una condición seca extrema cada 8 años. Los primeros registros y documentaciones de sequías en Costa Rica datan de 1922 (Patterson, 1992) sin embargo estos fenómenos no son recientes ni exclusivos de un solo lugar. Las variaciones extremas de la precipitación son parte de la historia geológica de nuestro país y han ayudado a modelar el paisaje natural de las diferentes regiones climáticas.

Durante períodos secos en Costa Rica, se han observado algunas características que rompen el patrón normal de las precipitaciones. Estas son:

- Predominio de vientos Alisios.
- Vientos débiles o ausencia total de los oestes o monzones.
- Zona de Convergencia Intertropical ubicada más hacia el sur de lo normal.
- Temporada débil de bajas de presiones y ciclones tropicales.

- Temporada débil de frentes fríos (principalmente afectan la Zona Norte y la Región Caribe) con una baja intensidad o frecuencia.
- La presencia de la fase cálida de ENOS (El Niño) tiene altas probabilidades de generar escenarios secos en el Pacífico Norte, Pacífico Central y Región Central.
- La presencia de la fase fría de ENOS (La Niña) puede asociarse con algunos eventos secos en el Caribe y la Zona Norte del país.

De acuerdo a la periodicidad de estos fenómenos y las alteraciones en la lluvia que ocasionan, es posible demarcar la ruta más probable de la sequía a través del territorio nacional. En la figura 12 se presentan los núcleos de precipitación del rango “menor a 1000 y hasta los 2000 mm”, que corresponden a la ruta crítica del paso de la sequía.

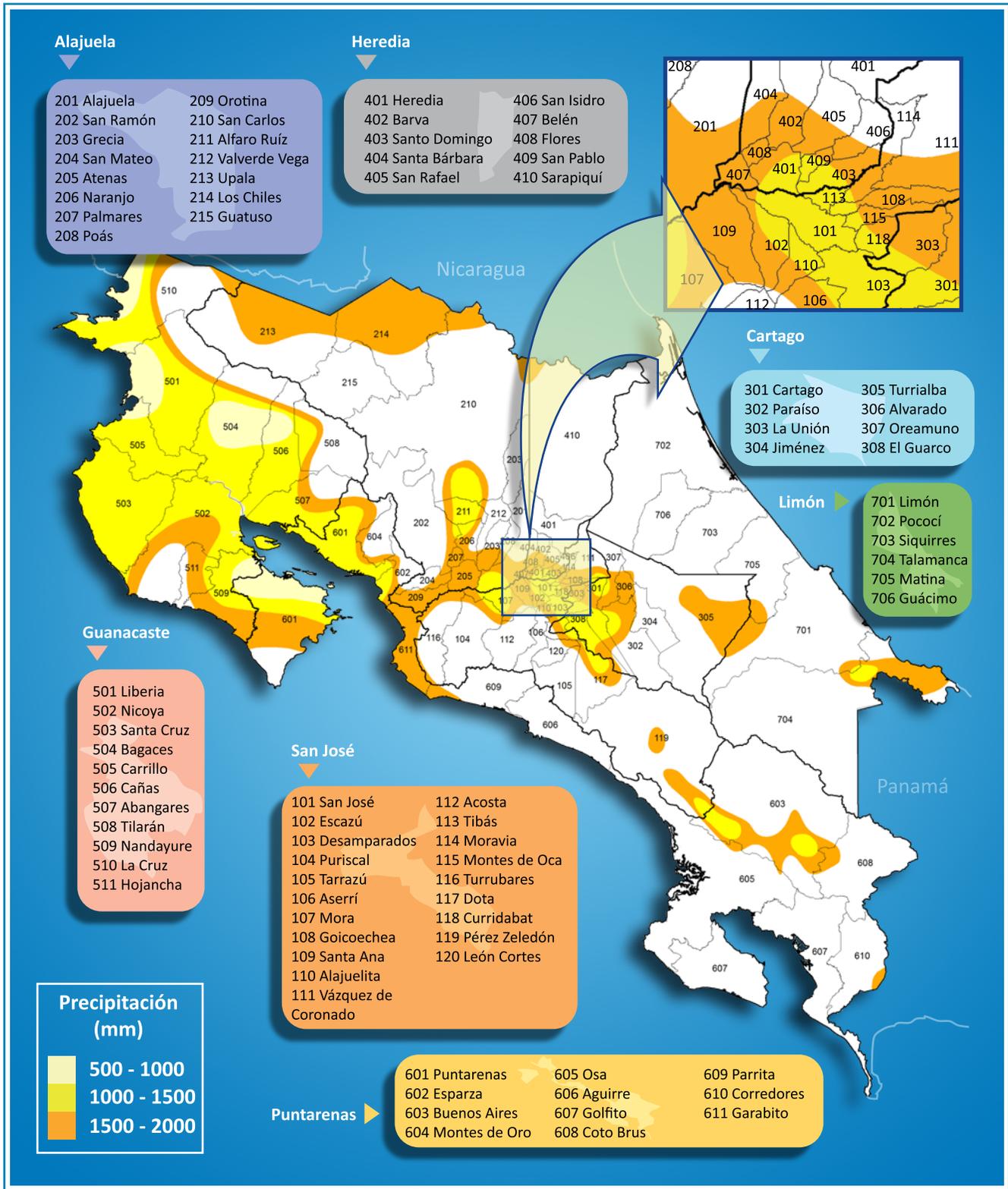


Figura 11. Principales núcleos bajos de precipitación anual durante eventos extremos. (Corredor seco de Costa Rica).

La distribución espacial de las condiciones secas extremas en Costa Rica es el resultado de la dinámica atmosférica influenciada por los elementos orográficos. El Pacífico Norte es la región donde los eventos secos son más frecuentes, más extensos y de mayor magnitud (ver cuadro 12). En presencia de fenómenos climáticos de gran escala como El Niño, su disposición geográfica la hacen menos expuesta a la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical, por tanto la cantidad de lluvia anual es menor que en el resto del país. Esta cantidad limitada de agua (para condiciones tropicales) es reflejo de los ecosistemas normales que puede mantener: bosques tropicales secos, con temperaturas que van de los 24 a 28°C y que abarcan la depresión del Tempisque y linderos del Golfo de Nicoya (Wo Ching 2009).

Las tres áreas más secas (con precipitaciones anuales menores a los 1000 mm) se encuentran en (i) Bahía Culebra, (ii) Bagaces y Cañas y (iii) en la parte norte de Nandayure. Los vientos suroestes que penetran la región, golpean de frente los cerros de Nicoya, dejando la humedad a barlovento y continúan secos sobre la llanura hasta encontrarse con la Cordillera de Guanacaste. Esta interacción de suroestes con los cerros de Nicoya, provocan un efecto Föhn que explica el núcleo seco en Nandayure a sotavento de esta pequeña cordillera. Tal y como se presenta en la figura 11, el efecto orográfico sobre el viento predominante en años secos, puede explicar la ubicación de los núcleos de menor precipitación en Costa Rica. Por otra parte, el paso del viento Alisio por la depresión entre los volcanes Miravalles y Tenorio, provoca un efecto Venturi que hace acelerar el viento hacia Cañas y Bagaces, lo cual contribuye con un segundo núcleo seco en esa zona. En Bahía Culebra, de nuevo el aumento del viento Alisio propiciado por la depresión de los volcanes Orosí y Rincón de la Vieja explica la condición seca extrema. El afloramiento de aguas frías en el domo térmico frente a esta zona es otro factor que contribuye con los extremos secos que se han observado, debido a que al enfriarse el agua la tasa de evaporación disminuye significativamente.

El corredor seco se extiende al centro del país a través de la depresión del río Grande de Tárcoles. La precipitación anual en esta zona varía entre los 2000 a los 4000 mm, y es capaz de mantener los ecosistemas húmedos premontanos y húmedos montanos según Wo Ching (2009). Durante años secos extremos, no sobrepasa los 2000 mm. Es posible que los vientos Alisios acelerados por los pasos de Coliblanco, La Palma y el Desengaño, obstruyan la llegada de los vientos suroestes húmedos hacia el Valle Central. Condición diferente se presenta en la depresión o paso de Tapezco, donde los Alisios no son el limitante de los suroestes, debido a que el paso es menos pronunciado. Lo que experimenta esta zona es un déficit hídrico semejante al del Pacífico Norte y que pasa entre el Volcán Platanar y la Sierra de Tilarán, afectando los cantones ubicados a través de la depresión.

Más al sur del país, el corredor seco se manifiesta como un núcleo de precipitaciones anuales de 1500 mm a 2000 mm, el cual inicia en San Isidro del General y se extiende hacia el sureste hasta el valle

de Coto Brus, pasando por el valle del General, siempre entre el margen izquierdo del río Grande de Térraba y la Fila Brunqueña. Este mínimo obedece no solo al efecto del rotor del viento Alisio frente a las costas de la Zona Sur sino también al flujo dominante del suroeste producto de los sistemas de brisas de mar y el monzón. El rotor del viento Alisio forma en superficie una contracorriente que en cierta forma apoya a los vientos del suroeste, los cuales superan a la Fila Brunqueña, creando un efecto Föhn a barlovento y por lo tanto aumenta la temperatura y disminuye la humedad y las lluvias en el Valle de El General y Coto Brus. El otro brazo del corredor seco se manifiesta hacia el sureste de Turrialba, en la depresión del río Pacuare, donde se parte hasta alcanzar el sur del Valle de La Estrella. Estas condiciones secas observadas en la vertiente del Caribe, se pueden explicar por la disminución o ausencia de los vientos alisios, el efecto Föhn de los suroestes y por una tendencia de disminución de ondas tropicales y frentes fríos, los cuales se quedan hacia el norte de la vertiente.

### **3.2.3. Eventos extremos lluviosos: La alta pluviosidad de Costa Rica**

Los eventos lluviosos extremos corresponden normalmente con eventos océano atmosféricos de rápida evolución (horas, días), si se comparan con sequías, cuyo desarrollo es lento en el tiempo (meses, años). Sin embargo, fenómenos de variabilidad climática, pueden generar varios extremos lluviosos seguidos a lo largo de un año, dando la sensación de un período lluvioso prolongado. Ejemplo de esto puede ser una temporada intensa de ciclones tropicales o un aumento en la frecuencia de frentes fríos. Por lo tanto, los planes de atención de este tipo de eventos, deben de ser muy reactivos (respuesta rápida) pero bien planificados con el fin de incidir en la sociedad y su organización. La estrategia de atención, obviamente debe de contemplar etapas de prevención, atención y reconstrucción, enmarcadas en un proceso sostenido en el tiempo que permita el aprendizaje y mejoramiento.

De acuerdo con los criterios de selección de años lluviosos en este estudio, en la cuadro 13 se presentan las principales características de estos eventos para las diferentes regiones climáticas de Costa Rica.

**Cuadro 13. Características de los eventos extremos lluviosos en las regiones climáticas de Costa Rica. Período 1960 - 2009.**

| Región           | Criterio de intensidad (%)* | Criterio de cobertura relativa (%)** | Frecuencia de eventos (años) |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Pacífico Norte   | 20                          | 83                                   | 7.3                          |
| Pacífico Central | 18                          | 91                                   | 8.6                          |
| Pacífico Sur     | 18                          | 86                                   | 8.8                          |
| Región Central   | 15                          | 95                                   | 7.5                          |
| Zona Norte       | 17                          | 66                                   | 7.8                          |
| Caribe Norte     | 17                          | 83                                   | 8.2                          |
| Caribe Sur       | 17                          | 83                                   | 8.4                          |

\* \*\*Se refiere al límite por encima del cual el exceso observado se considera un evento lluvioso extremo.

\*\*Se refiere al porcentaje de cobertura relativo sobre el cual se considera que el evento extremo se extendió significativamente en la región. La cobertura está dada por el número de estaciones meteorológicas usadas. Por ejemplo, si se usaron 10 estaciones para estudiar el Pacífico Norte y en un año lluvioso extremo las 10 estaciones mostraron un exceso por encima del valor de criterio (17% según el cuadro 12), la cobertura relativa del evento lluvioso para ese año en particular fue de un 100%.

Los períodos lluviosos extremos en Costa Rica pueden presentarse en promedio cada 7.5 años y se asocian a la presencia de uno o varios de los siguientes sistemas:

- Predominio de vientos suroestes entre mayo y noviembre en la vertiente del Pacífico.
- Vientos del norte o noreste entre diciembre y marzo en la vertiente del Caribe y la Zona Norte.
- Zona de Convergencia Intertropical ubicada en latitud 10° norte.
- Intensa temporada de bajas de presiones y ciclones tropicales.
- Intensa temporada de frentes fríos.
- La presencia de la fase cálida de ENOS (El Niño) tiene altas probabilidades de generar escenarios lluviosos en la Región Caribe y Zona Norte.
- La presencia de la fase fría de ENOS (La Niña) tiene altas probabilidades de generar escenarios lluviosos en las regiones de influencia Pacífica.

Al igual que la sequía, los eventos extremos lluviosos no son exclusivos de alguna zona en particular de nuestro país. Sin embargo, es posible identificar los principales núcleos lluviosos por magnitud y por frecuencia de aparición. En la figura 13 se presentan los núcleos de precipitación mayor a los 3500 mm anuales.

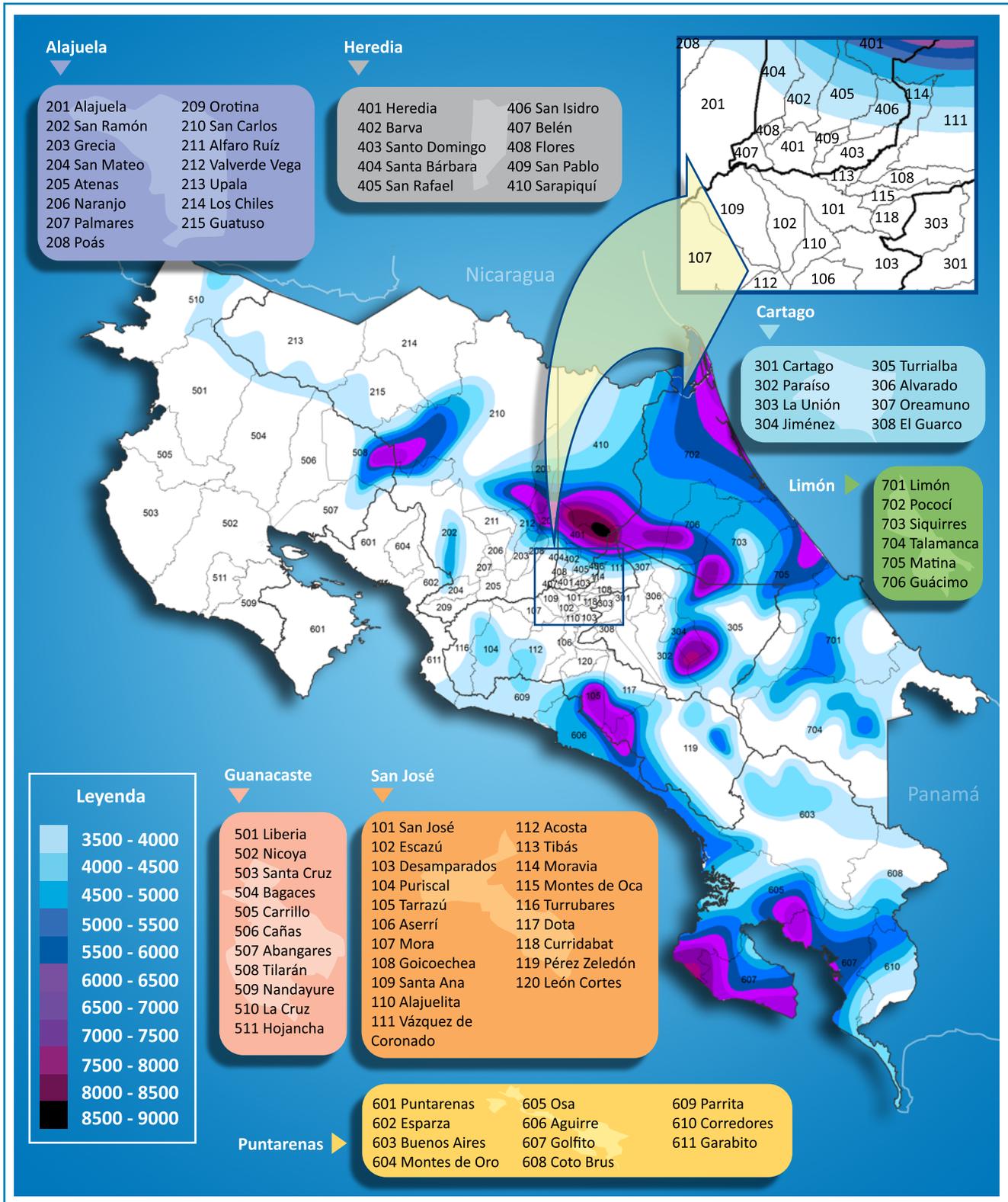


Figura 12. Principales núcleos altos de precipitación anual durante eventos extremos lluviosos en Costa Rica.

Costa Rica es un país tropical con un régimen pluviométrico influenciado principalmente por los vientos Alisios del nor-noreste y los vientos suroestes del Pacífico. La disposición de su cadena montañosa, perpendicular a la dirección de estos vientos favorece la condición lluviosa en la mayor parte del país. En la figura 12 se observa que las mayores precipitaciones a nivel anual se presentan a barlovento del cordón montañoso, tanto en el Caribe como en el Pacífico Central y Sur, presentándose los núcleos extremos (de más de 5500 mm anuales) en altitudes medias del sistema montañoso.

En la Región del Caribe, las mayores precipitaciones se presentan a barlovento de las tres cordilleras (Guanacaste, Volcánica Central, Talamanca) y los núcleos máximos se localizan hacia los volcanes Arenal, Poás, Barva, Irazú y Turrialba. Los cantones , bañando los cantones de San Carlos, Sarapiquí, Guácimo y Siquirres. En el Pacífico Central los mayores núcleos lluviosos se presentan en las estribaciones de la Cordillera de Talamanca afectando los cantones de Tarrazú, Dota y Aguirre. En el Pacífico Sur, el principal núcleo se observa en la Península de Osa y a sotavento de la Fila Brunqueña.

La distribución de estas áreas de alta precipitación evidencia la importancia de la montaña en la lluvia anual. Los vientos suroestes y norestes empujan la nubosidad contra las barreras geográficas, provocando lluvias orográficas que luego drenan por los múltiples cauces superficiales característicos en toda Costa Rica. Estos grandes núcleos de precipitación anual no excluyen otros de menor magnitud pero que históricamente se asocian con inundaciones importantes, como por ejemplo los núcleos de 2000 mm que se presentan en la Cordillera de Guanacaste y que son los responsables de las avenidas e inundaciones de los principales ríos que vierten sus aguas al Golfo de Nicoya, como son el Tempisque y el Bebedero.

Diferentes eventos de variabilidad climática son los generadores de la lluvia que por orografía se distribuye diferencialmente en el territorio. En la figura 13 se observa la distribución mensual de siete fenómenos de variabilidad climática identificados en un período de tiempo de 1980 al 2006 (IMN, 2008).

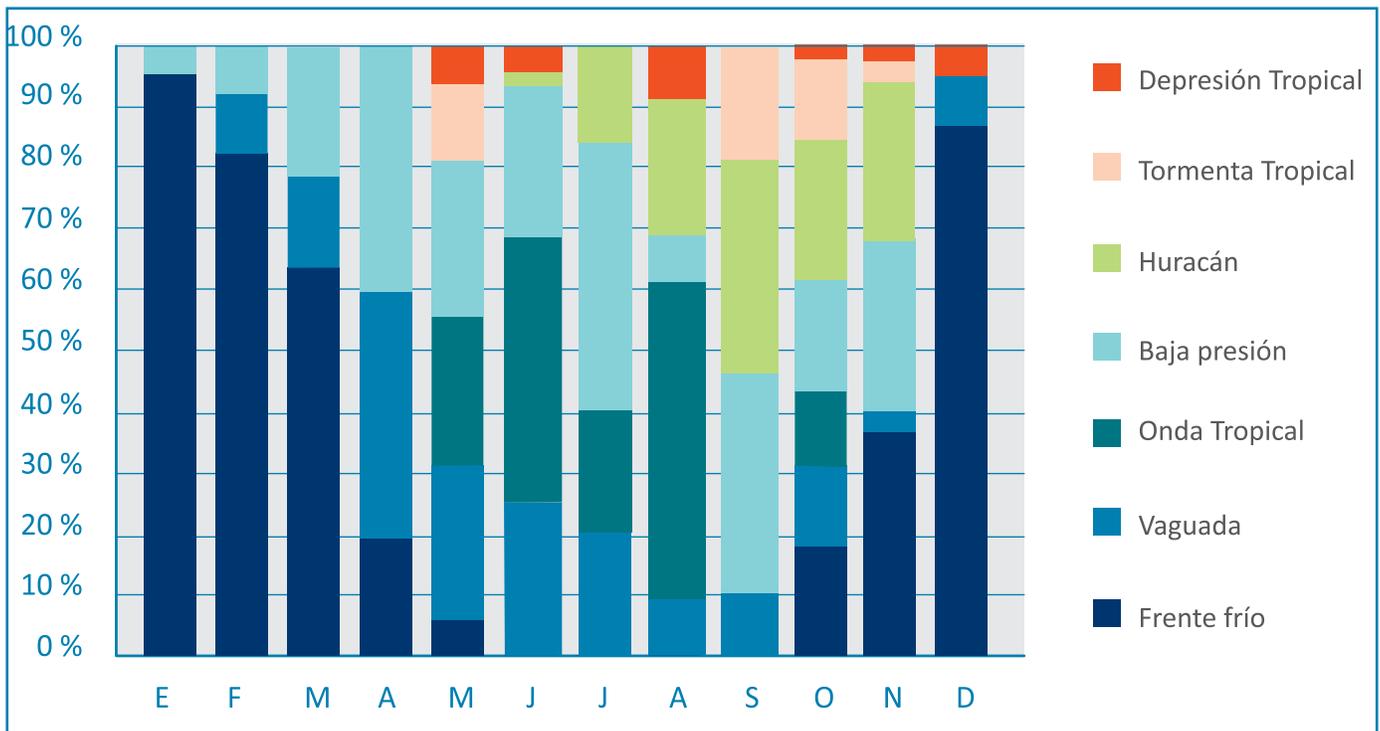


Figura 13. Frecuencia mensual de fenómenos de variabilidad.

Dependiendo de su intensidad, el período de aparición y la extensión del territorio que cubren, estos eventos pueden ser identificados como los causantes de eventos extremos en las diferentes regiones climáticas. En el Caribe y la Zona Norte, los frentes fríos, tienen un período de aparición entre setiembre y mayo, siendo diciembre, enero, febrero y marzo los meses de mayor probabilidad de afectación. Los frentes fríos se asocian normalmente con las inundaciones conocidas en el folclore como “llenas”, que son inundaciones pasivas o lentas (CEPREDENAC 2007). Mientras tanto, en el Pacífico, los sistemas de baja presión y el efecto indirecto de huracanes que se distribuyen principalmente de abril a noviembre son los detonadores de inundaciones costeras y urbanas, de carácter explosivo, violento y erosivo.

### 3.3. Riesgo actual

Gustavo Wilchez, experto colombiano en gestión de desastres, define el riesgo como un condicionante: “qué pasaría si...” (Wilchez 2011). Es la probabilidad de perder “algo” si una amenaza se concretiza. Ese “algo” puede ser desde infraestructura hasta vidas humanas; puede comprometer desde el desarrollo de los pueblos hasta su existencia futura. El cambio del clima puede dañar nuestros sistemas si las proyecciones de los científicos se hacen efectivas. Sin embargo, cuando la amenaza del clima se visualiza en el presente, el riesgo deja de ser un condicionante futuro para convertirse en una realidad actual. En cierta forma, el estudio del **riesgo climático actual** es una retrospectiva de lo que ya ha sucedido. Es el impacto de eventos que han sobrepasado los límites de la normalidad y han dejado lecciones aprendidas y huellas profundas en la sociedad. Bajo esta premisa y parafraseando a Wilchez, el riesgo climático actual podría asumirse como “lo que nos ha pasado...”

El tema de gestionar el riesgo debe de ir más allá de una atención y una reacción. Un análisis de riesgo no es un fin en sí mismo, sino un vínculo para la toma de decisiones y una selección de estrategias y medidas robustas de adaptación (SEI 2004). El riesgo aquí tratado tiene dos marcos bien definidos. El primero es el marco social ligado a la vulnerabilidad del hombre y construida por el hombre con el fin de desarrollarse. Esta visión se ajusta al criterio de las Naciones Unidas referidas a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, cuando cita que se busca establecer un bienestar colocando a las personas en el centro de los procesos de crecimiento y desarrollo social. El segundo es el marco ambiental, ligado a la amenaza ante eventos hidrometeorológicos extremos. El riesgo identifica las áreas críticas del país, asociándoles algunas características sociales y económicas, pero sobre todo, comprometidas por la recurrencia histórica de lluvias fuertes, inundaciones y/o sequías. Aunque los desastres no distinguen el nivel de desarrollo de una región, bajo la perspectiva del riesgo la diferencia será establecida por la capacidad de resiliencia y el grado de afectación ambiental (Zapata, 2006). Cuando la amenaza se cierne sobre áreas con bajos niveles de seguridad social o económica y poca respuesta, se está en presencia de las zonas de mayor riesgo. A partir de esta identificación, se priorizan con el fin de marcar el rumbo de eventuales programas de atención diferencial.

En la figura 14 se presentan algunas de las principales características de la gestión del riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos. El impacto del fenómeno atmosférico es diferencial en los distintos sectores del sistema. Las redes de acción se activan, ya sea para declarar el daño o para reaccionar ante él. La recurrencia y observación de este ciclo, permite caracterizar tanto la amenaza como la vulnerabilidad, definiendo las zonas de alto riesgo, los medios de vida que son impactados y las medidas de adaptación que deben ser tomadas. Si la recurrencia del impacto deja una historia de respuestas, la gestión de ese riesgo debe de ser un proceso continuo en el tiempo que sirva para educar y crear cultura, con el fin de que las futuras generaciones perciban menos daños y mejor calidad de vida, que sus antecesores.

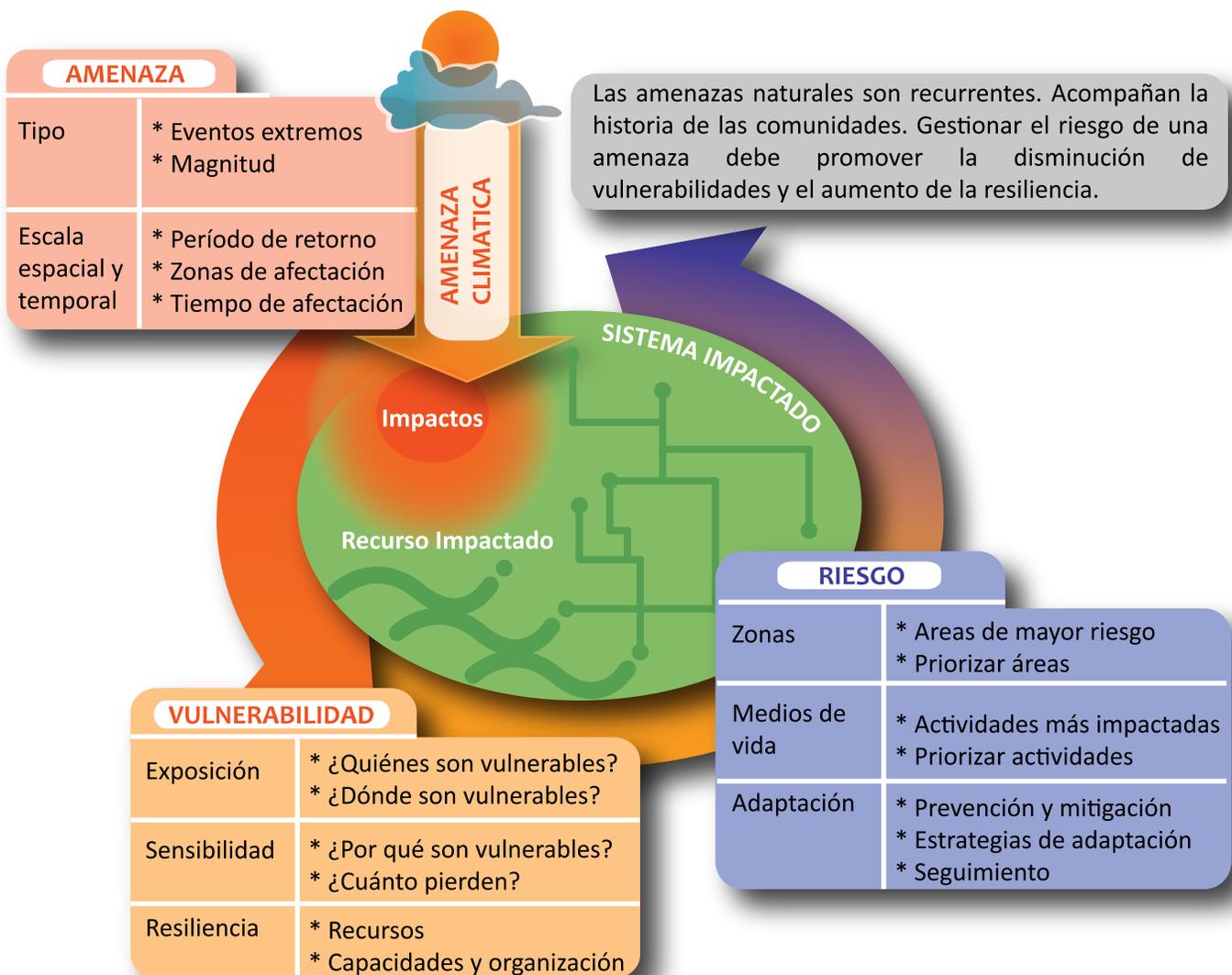


Figura 14. Esquema de gestión de riesgo y algunos de sus factores asociados con amenazas de tipo climático (Retana, 2009).

### 3.3.1. *Para entender el riesgo climático actual*

Recapitulando, cualquier área geográfica de Costa Rica tiene riesgo de que un evento extremo cause una sequía o una inundación que impacte negativamente la administración de 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 que se puede recuperar 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 que duran años, hasta sistemas ciclónicos de unos cuantos días de desarrollo. Las consecuencias hídricas tomadas en cuenta en este análisis son solo dos. Una sequía prolongada o inundaciones por la salida del cauce de los ríos. Los impactos han sido variados y han afectado diferentes sectores importantes en 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.

### 3.3.2. *El riesgo climático ante eventos extremos secos*

La distribución del riesgo climático ante eventos extremos secos se ajusta bastante a una distribución normal, con pocos casos de alto y bajo riesgo, mientras que la mayoría de cantones presentan un nivel medio, tal y como se observa en la figura 15. Sin embargo, la distribución espacial de este riesgo, principalmente el alto y medio alto, está concentrada en áreas específicas.

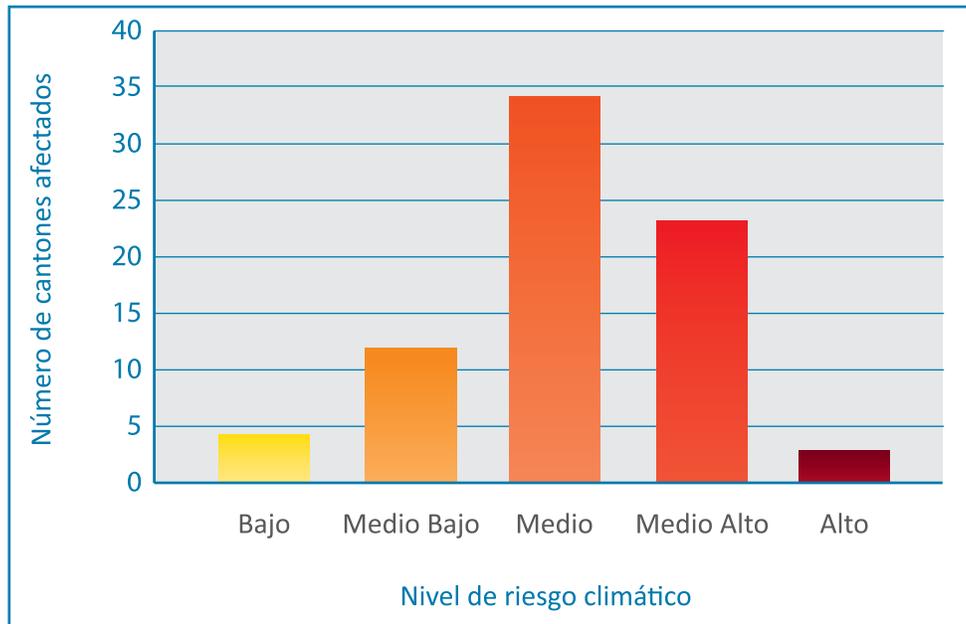


Figura 15. Cantones afectados por diferente nivel de riesgo climático ante eventos extremos secos.

En la figura 16 se presenta el nivel del riesgo por provincia. Guanacaste y Puntarenas son las provincias en mayor riesgo, mientras que Heredia es la de menor probabilidad de pérdida, o bien, la que menos ha sido impactada dadas sus características de vulnerabilidad. El corredor seco es la ruta que se asocia a esta distribución, mientras que las poblaciones desposeídas, poco productivas, dependientes y desplazadas por su género son las que más sufren los impactos.

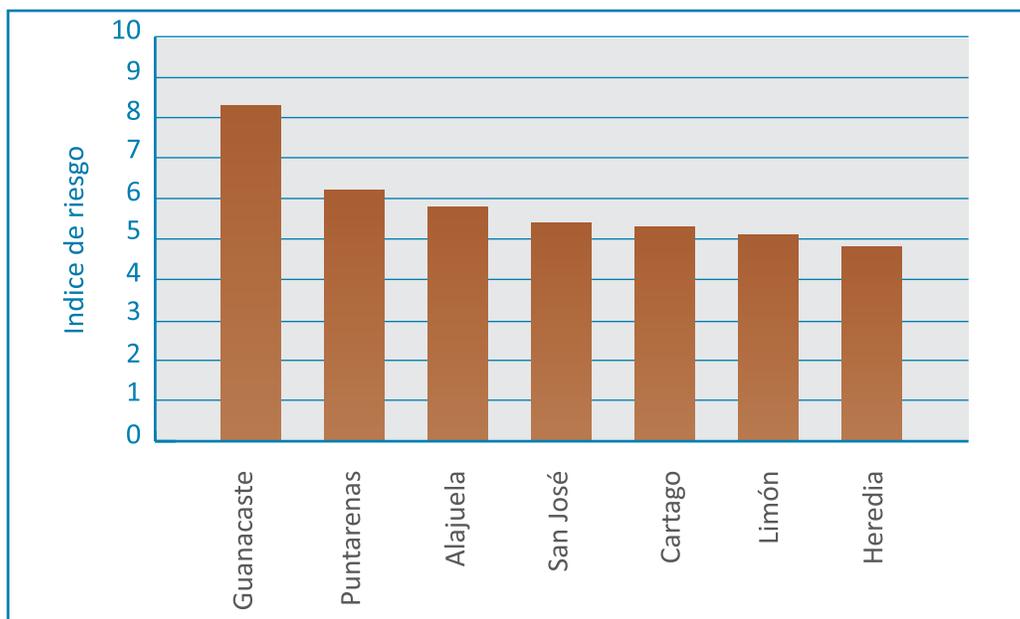


Figura 16. Riesgo climático ante eventos extremos secos por provincia.

Al detallar el riesgo en sus componentes de vulnerabilidad y amenaza, el panorama se aclara. Se observa en la figura 17 que Guanacaste es la provincia más afectada por sequías extremas (propias del corredor seco) y su estado de fragilidad social y económico son causantes de la potenciación de los impactos del evento extremo seco. Comparativamente el riesgo que se presenta en Limón tiene como su principal componente la vulnerabilidad de su población, sin embargo, la incidencia de la amenaza climática es muy baja, por lo tanto su riesgo es también bajo. En el caso de Heredia y Cartago, su bajo nivel de riesgo se debe a su poca vulnerabilidad a pesar que la amenaza es latente. En el resto de las provincias, los niveles de vulnerabilidad y amenaza son las combinaciones que acentúan el riesgo.

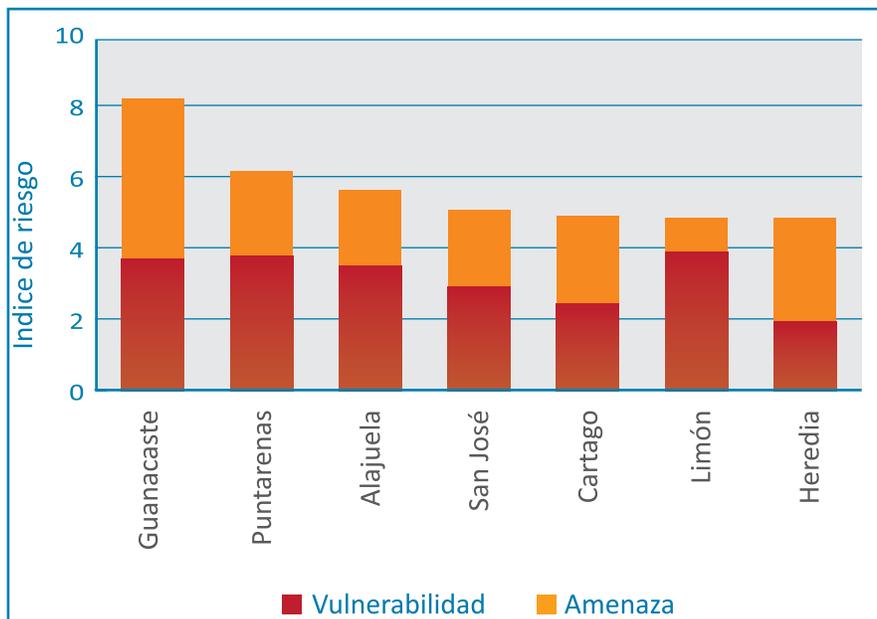


Figura 17. Componentes del riesgo climático por eventos extremos secos.

Cuando se comparan los niveles estimados de riesgo y vulnerabilidad tal y como se presenta en la figura 19, se obtienen más criterios para entender que la priorización de áreas geográficas y las medidas de adaptación, debe de basarse en análisis de riesgo antes que en estudios de vulnerabilidad. Sin embargo, la primera no se construye sin la segunda. Por ejemplo, de acuerdo con la estimación, Limón es la provincia más vulnerable, sin embargo no es la de mayor riesgo ante eventos extremos secos por su baja frecuencia de amenaza climática. Guanacaste por su parte, presenta el mayor riesgo de ser afectado debido a una alta vulnerabilidad (equilibrada en sus componentes) y un alto índice de amenaza. Por lo tanto, en forma comparativa esta debe ser la zona prioritaria para este escenario climático.

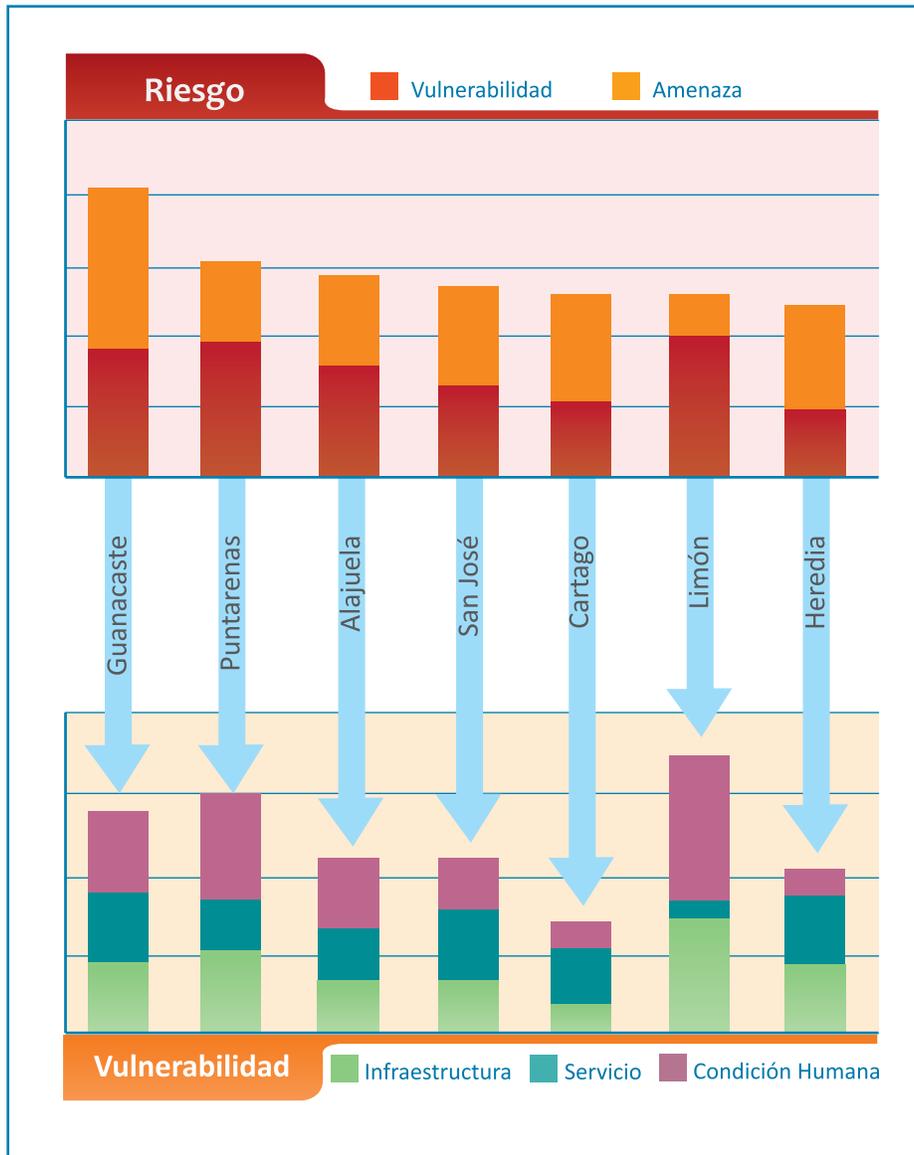


Figura 18. Componentes del riesgo climático y la vulnerabilidad por provincia.

En **Guanacaste**, el riesgo tiene un alto componente de la amenaza, sin embargo, de acuerdo con la figura 19, los cantones en mayor riesgo ante eventos extremos secos son Nicoya, Cañas y La Cruz, los cuales presentan los mayores grados de vulnerabilidad social y económica. Todos los cantones de la provincia se consideran en riesgo alto o medio alto (sombra morada a partir del nivel 7 de riesgo).

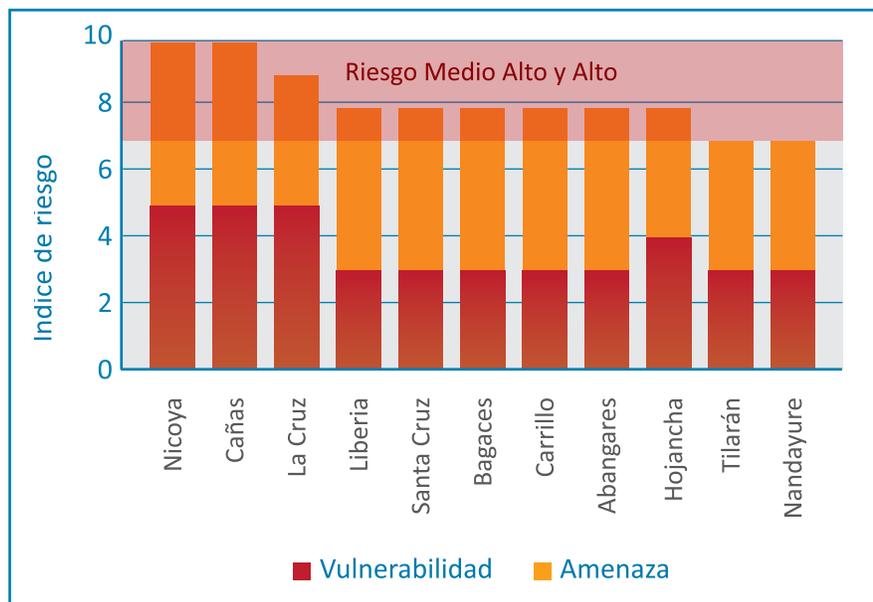


Figura 19. Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Guanacaste.

Las condiciones de vulnerabilidad en **Puntarenas**, son las que pesan más sobre el riesgo estimado. El cantón de Parrita es el de mayor índice, incluso, dentro del nivel de medio alto y alto riesgo. Le siguen los cantones de Puntarenas y Garabito, los cuales presentan grados importantes de la amenaza pero con una vulnerabilidad baja. Buenos Aires, con un riesgo semejante a Puntarenas y Garabito, no se ve amenazado tanto por los eventos secos, sin embargo su vulnerabilidad es alta. El resto de los cantones tienen un riesgo medio.

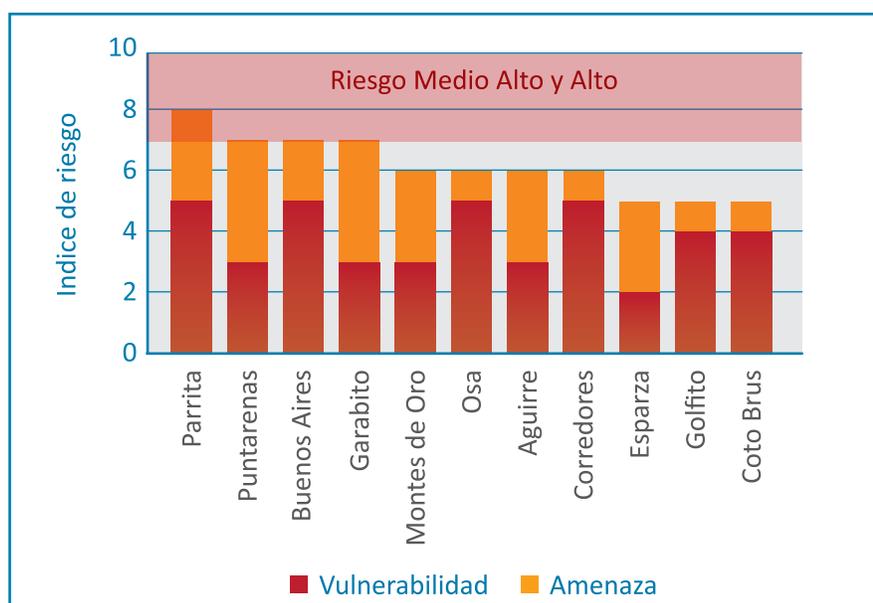
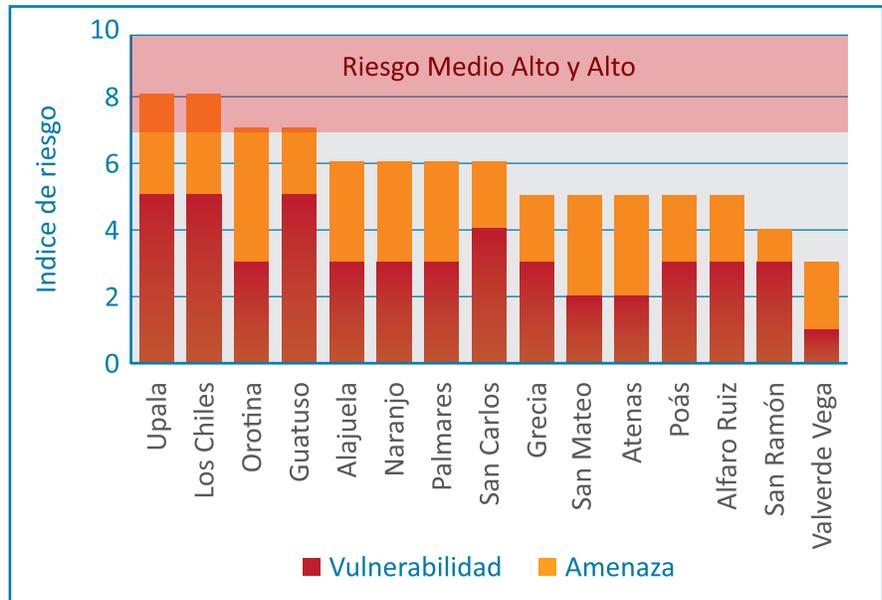


Figura 20. Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Puntarenas.

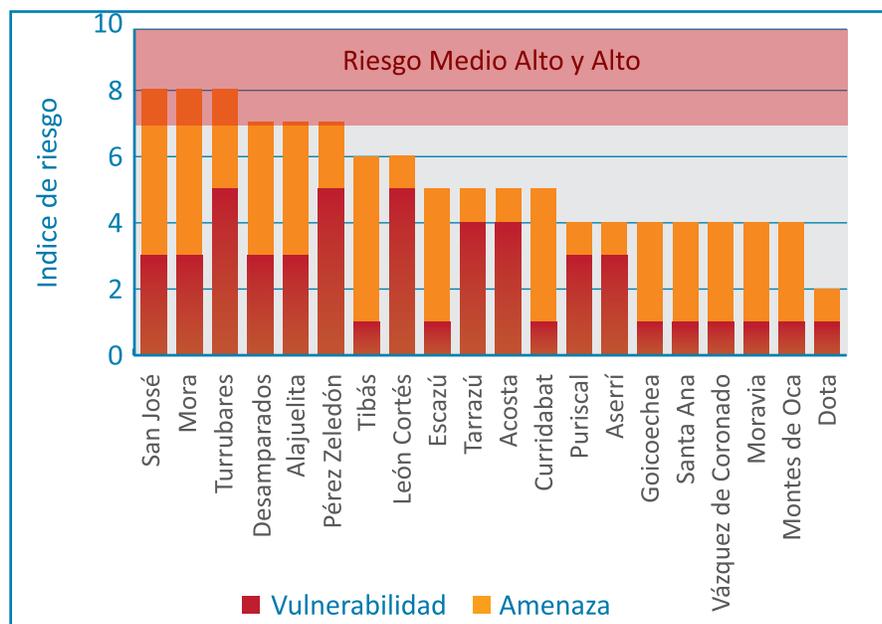
**Alajuela** es la tercera provincia en cuanto a su alto nivel de riesgo. Sin embargo, este se encuentra concentrado en los cantones fronterizos con Nicaragua, principalmente Upala y Los Chiles. La característica principal es su alta vulnerabilidad social y económica. Junto con Orotina y Guatuso, son los cantones de un nivel de riesgo alto o medio alto. El resto de los cantones presentan niveles de riesgo medio e incluso bajo como el caso de Valverde Vega.

Figura 21. Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Alajuela.



A pesar que casi el 50% de los cantones de **San José** presentan los niveles más bajos de vulnerabilidad, es una zona geográfica amenazada por eventos secos extremos. De ahí que incluso el cantón central se encuentre dentro de un nivel medio alto o alto de riesgo climático. Mora, Turrubares, Desamparados, Alajuelita y Pérez Zeledón son los otros cantones catalogados dentro del mismo nivel.

Figura 22. Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de San José.



**Cartago** es la provincia de menor vulnerabilidad. Sin embargo, el cantón central presenta un riesgo alto o medio alto debido a que las sequías han sido fenómenos recurrentes en su historia. La baja vulnerabilidad ha permitido que, comparativamente con otras provincias, los impactos no hayan sido tan fuertes como en Guanacaste, Puntarenas o Alajuela.

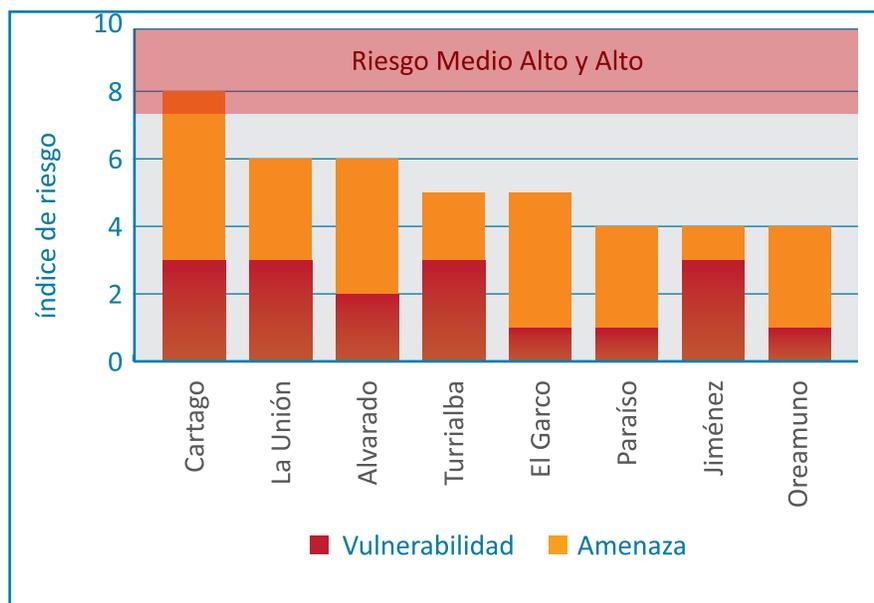


Figura 23. Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Cartago.

**Limón** es la provincia que presenta mayor índice de vulnerabilidad, sin embargo su riesgo ante eventos extremos secos es bajo. Se considera de medio a medio bajo debido a que la amenaza no es frecuente. Esto no quiere decir que no se puedan presentar sequías en la zona, sin embargo, no es el escenario más probable, como en el caso de Guanacaste.

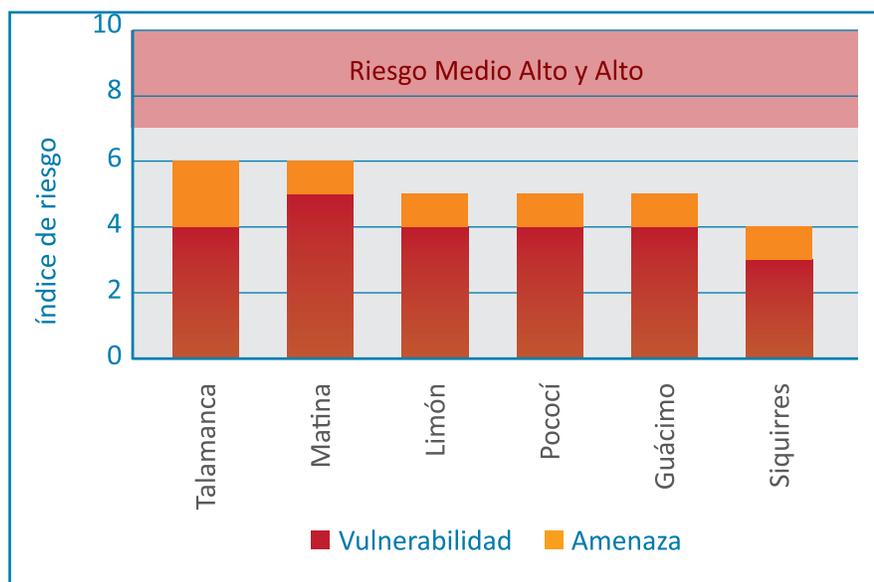
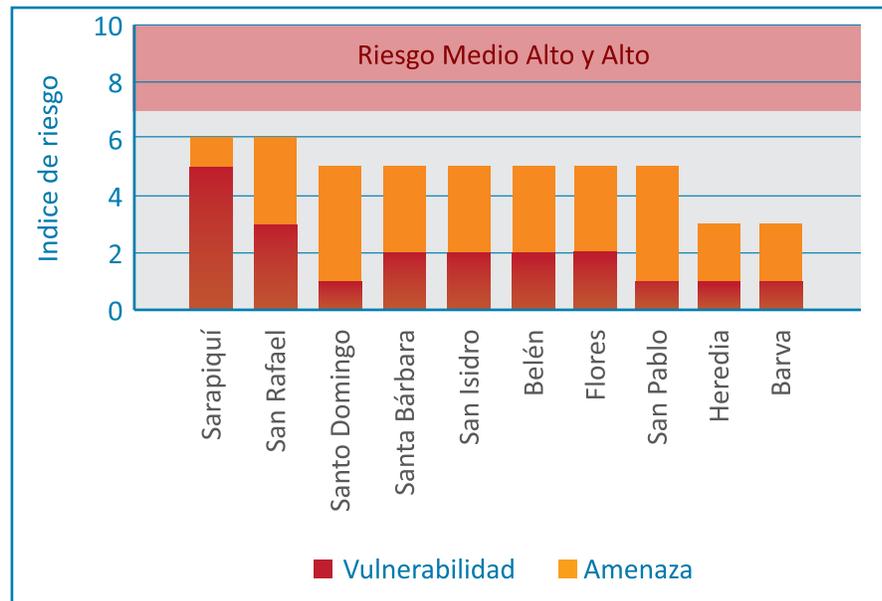


Figura 24. Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Limón.

Al igual que Limón, **Heredia** no presenta cantones con niveles altos o alto medio de riesgo. Su baja vulnerabilidad es la explicación de este resultado. Sin embargo, con excepción de Sarapiquí, los demás cantones presentan un alto nivel de amenaza. Las sequías no son desconocidas, sin embargo el riesgo se aminora por la capacidad del sistema de enfrentarlo. Sarapiquí es el cantón de mayor riesgo a pesar de que su nivel de amenaza es el menor. Mientras tanto, Heredia y Barva son los cantones de menor índice de riesgo, debido a su baja vulnerabilidad.

Figura 25. Componentes del riesgo climático por eventos secos en los cantones de Heredia.



El riesgo climático por eventos extremos secos, es diferencial a nivel de cantón y dependen de su exposición ante la amenaza (en este caso si se encuentran en la ruta del corredor seco) y de sus condiciones de vulnerabilidad. Los cantones que se encuentran en un nivel de riesgo medio alto y alto se presentan en la figura 26.

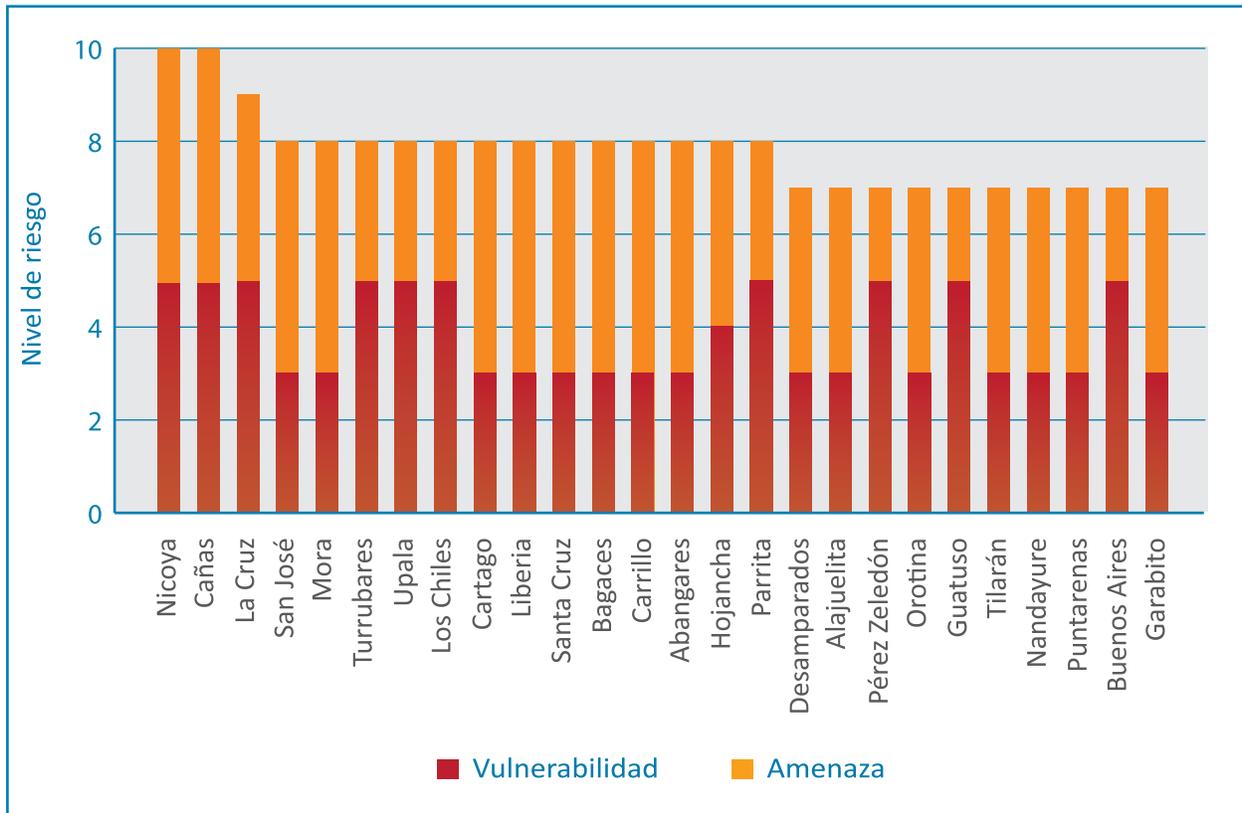


Figura 26. Cantones de mayor riesgo climático ante eventos extremos secos.

Espacialmente, las mayores condiciones de 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. A pesar que las condiciones de vulnerabilidad son diferentes, es posible encontrar algunos patrones de alta vulnerabilidad que caracterizan estas zonas del país. En el cuadro 14, 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 14. 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 |
| <b>Zona 1 de alto riesgo: Noreste, Sur y Pacífico Central.</b> |   |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| La Cruz  | ■   |   |   |   |           |   | ■ |   | ■ |                  | ■  | ■  | ■  |    | ■   |
| Parrita  |   | ■ |   |   | ■         |   |   |   |   | ■                | ■  | ■  | ■  | ■  | ■   |
| Buenos Aires   | ■   | ■ |   | ■ |           |   | ■ |   | ■ |                  | ■  | ■  | ■  |    | ■   |
| Upala  | ■   | ■ |   |   | ■         |   |   |   | ■ |                  | ■  | ■  | ■  |    | ■   |
| Los Chiles   | ■   | ■ |   |   |           |   |   |   | ■ |                  | ■  | ■  | ■  |    | ■   |
| Guatuzo  | ■   | ■ |   |   |           |   |   |   | ■ |                  | ■  | ■  | ■  |    | ■   |
| Turrubares   |   |   |   |   |           |   |   |   |   | ■                | ■  | ■  | ■  | ■  |     |
| Pérez Zeledón  |   |   |   |   |           |   |   |   | ■ | ■                |    |    |    |    |     |
| <b>Zona 2 de alto riesgo: Central</b>                          |   |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Mora   |   |   |   |   |           |   | ■ |   | ■ |                  |    |    |    |    |     |
| San José   |   |   |   |   | ■         | ■ | ■ |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Desamparados   |   |   |   | ■ | ■         | ■ | ■ |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Alajuelita   |   |   |   | ■ |           | ■ | ■ |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Cartago  |   |   | ■ |   |           | ■ |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Puntarenas   |   |   |   |   |           | ■ |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| <b>Zona 3 de alto riesgo: Pacífico Norte</b>                   |   |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| 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.

El mapa de la figura 27 presenta la distribución espacial del riesgo ante eventos extremos secos. Nótese cómo solamente tres cantones se clasifican con alto riesgo climático.

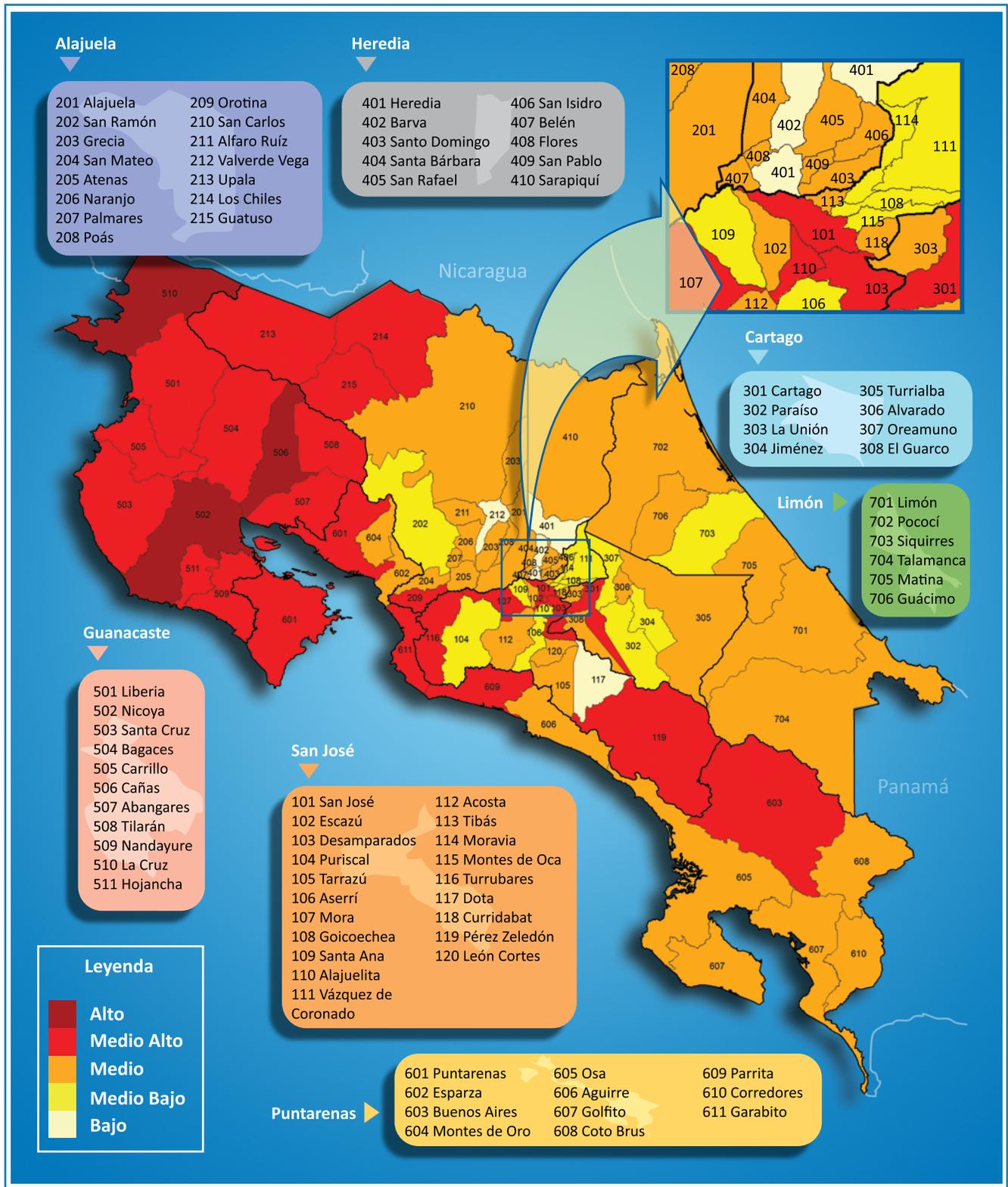


Figura 27. Riesgo climático ante eventos extremos secos.

### 3.3.3. El riesgo climático ante eventos extremos lluviosos

La distribución del riesgo climático ante eventos extremos lluviosos se ajusta a una distribución normal, con pocos casos de alto y bajo riesgo, mientras que la mayoría de cantones presentan un nivel medio, tal y como se observa en la figura 28. Al igual que en los eventos extremos secos, la distribución espacial de este riesgo puede concentrarse en áreas específicas.

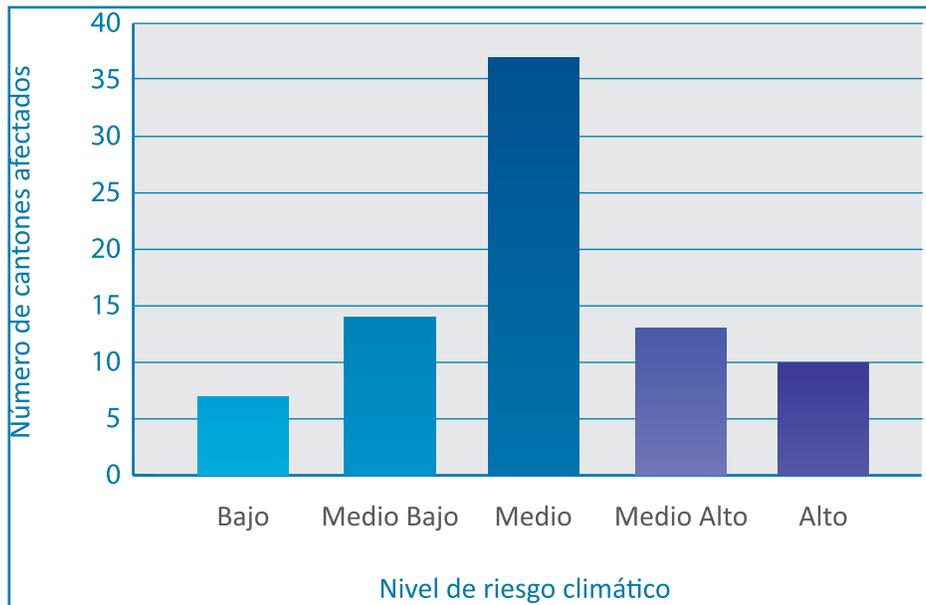


Figura 28. Cantones afectados por diferente nivel de riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.

En la figura 29 se presenta el nivel del riesgo por provincia. Limón y Puntarenas son las provincias en mayor riesgo, mientras que Cartago es la de menor probabilidad de pérdida, o bien, la que menos ha sido impactada dadas sus características de vulnerabilidad. Al igual que para eventos secos, la distribución del riesgo de eventos extremos lluviosos se da principalmente en provincias donde se impacta a grupos sociales desposeídos.

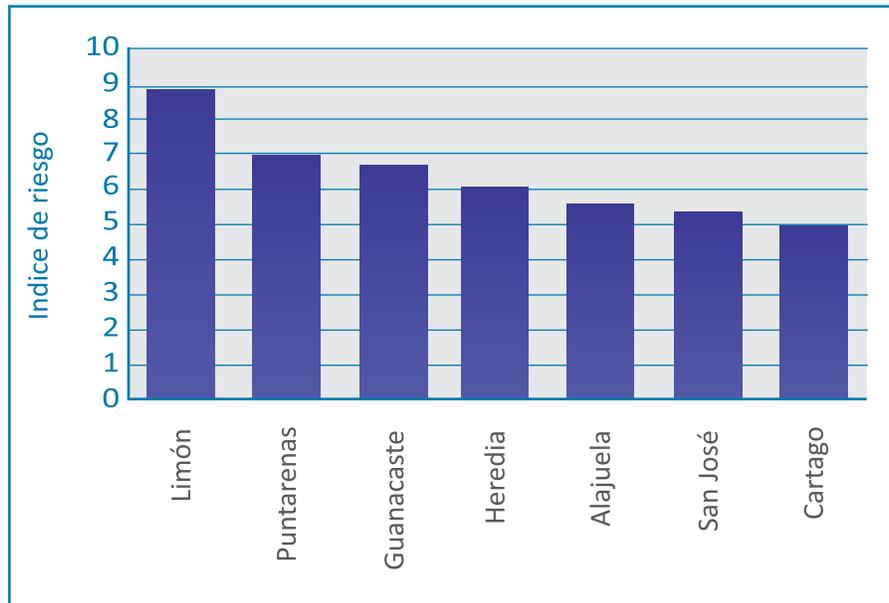


Figura 29. Riesgo climático ante eventos extremos lluviosos por provincia.

En la figura 30 se presenta el índice de riesgo desagregado en los componentes de vulnerabilidad y amenaza. Limón, Puntarenas y Guanacaste deben su alto riesgo a la mayor vulnerabilidad comparativa aunque varíe el índice de amenaza. Su estado de fragilidad social y económica son causantes de la potenciación de los impactos del evento hidrometeorológico. En el caso de Alajuela, San José y Cartago, su baja vulnerabilidad es la responsable principal de que eventos lluviosos no tengan el grado de significancia que se tiene en Limón o Puntarenas por ejemplo. Heredia, es un caso particular donde a pesar de tener la más baja vulnerabilidad, su nivel de riesgo es debido al alto índice de amenaza (segundo después de Limón). Es importante recordar que un evento extremo hidrometeorológico se puede presentar en cualquier zona del país, con impactos importantes en la sociedad y la producción. Sin embargo, la frecuencia de estos eventos e impactos es lo que define las condiciones de mayor o menor riesgo.

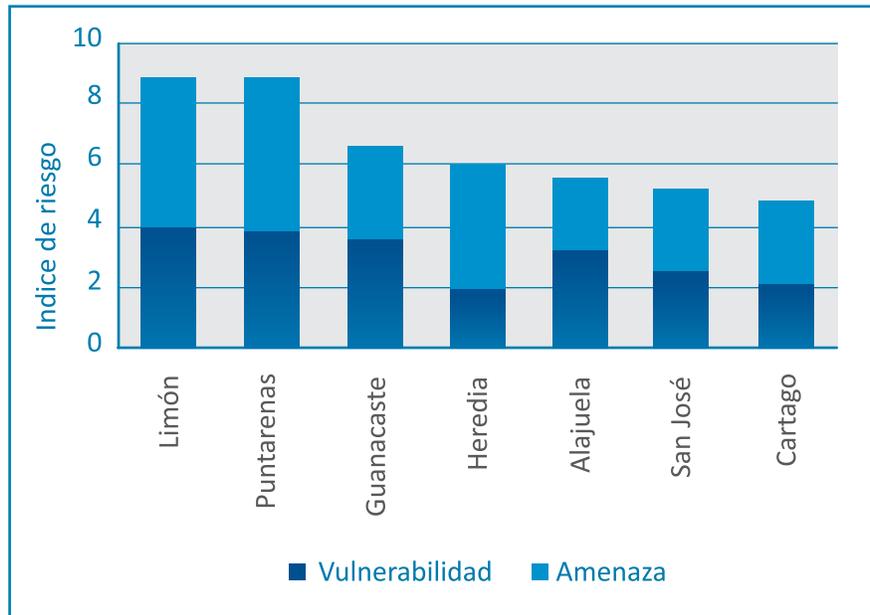


Figura 30. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos.

Al comparar los resultados de riesgo con los de vulnerabilidad por provincias se encuentra que con excepción de Heredia, el patrón se mantiene (figura 31). En otras palabras, el riesgo por eventos extremos lluviosos guarda una estrecha relación con la vulnerabilidad de las provincias. A mayor vulnerabilidad mayor riesgo y a menor vulnerabilidad menor riesgo. Una posible respuesta a esta relación es que las condiciones extremas del clima lluvioso en Costa Rica es un limitante del desarrollo de las comunidades. PNUD (2008) indica que en muchos países el clima influye poderosamente sobre las oportunidades de vida de los pobres y concluye que la pobreza se relaciona íntimamente a una exposición reiterada a riesgos climáticos. Si la frecuencia de estos eventos es alta, la vulnerabilidad se puede acumular por períodos de tiempo largos.

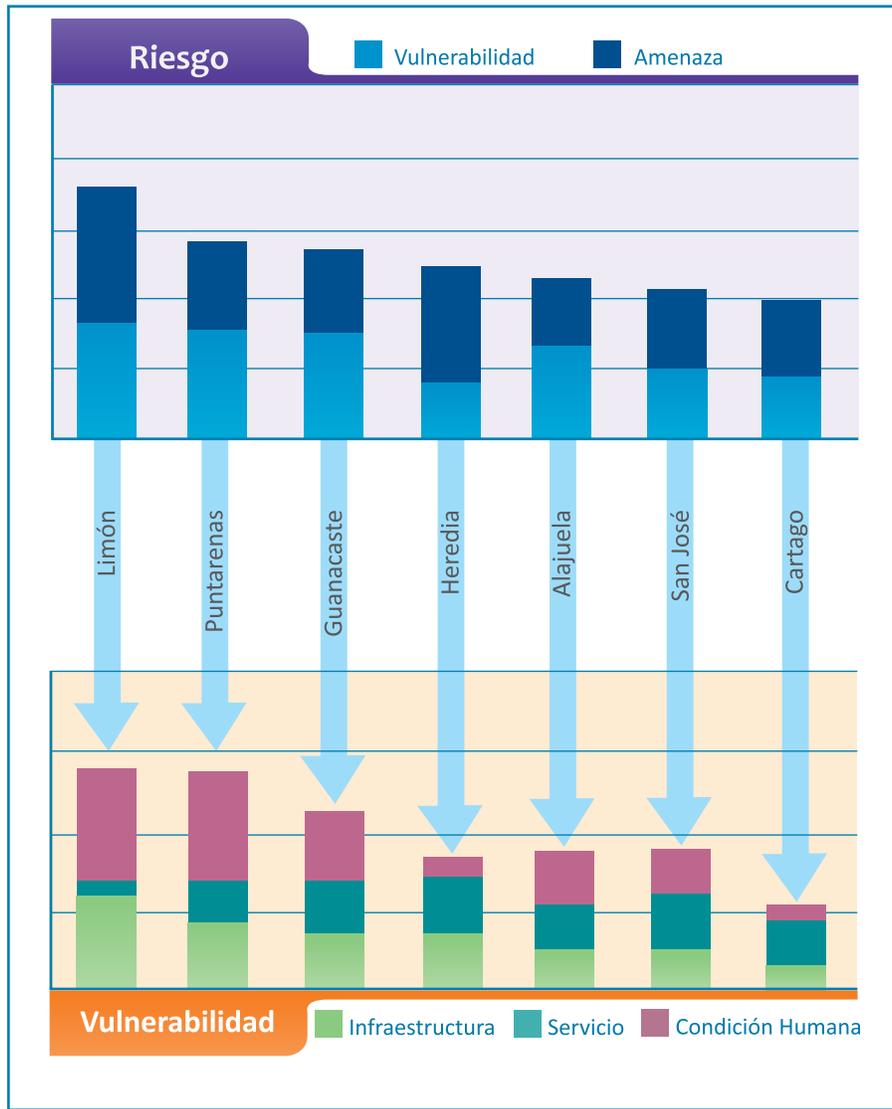


Figura 31. Componentes del riesgo climático por lluvias extremas y la vulnerabilidad por provincia.

Todos los cantones de la provincia de **Limón** presentan un nivel de riesgo medio alto o alto (figura 32). Las pequeñas variaciones en el valor final del riesgo se deben al componente de vulnerabilidad, dado que el nivel de amenaza es muy semejante en todos los cantones. El de mayor índice es Matina y el de menor índice es Tamanca. Sin embargo, es importante anotar que las características de tamaño del cantón y población juegan un papel muy importante en la valoración final del riesgo, como es el caso del cantón de Tamanca, que tiene mucha extensión pero con poca población.

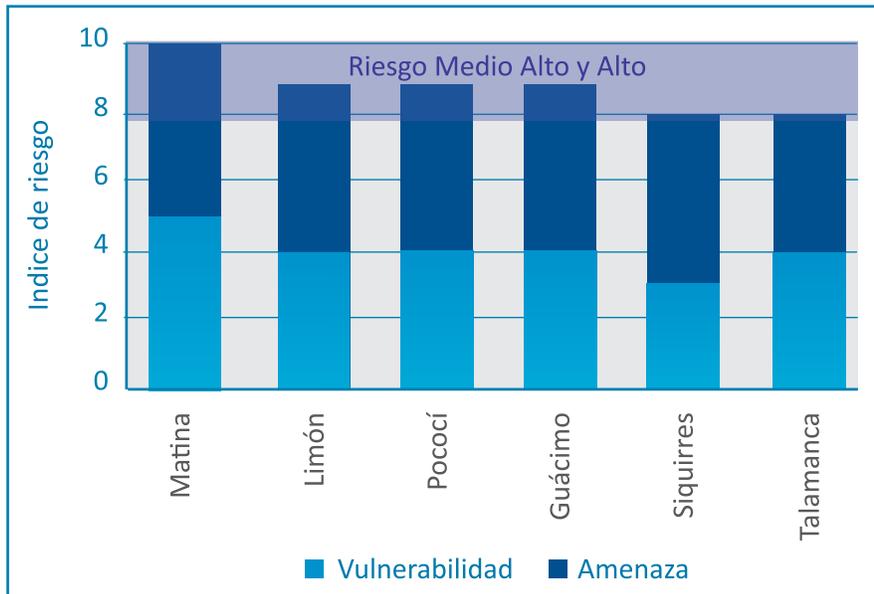


Figura 32. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Limón.

Los cantones que se encuentran en el **Pacífico Central y Pacífico Sur**, y que se ubican cerca de la costa y limitados por la Fila Brunqueña, son los que presentan un nivel de riesgo medio alto y alto. El papel de la montaña es importante en la descarga de la humedad llevada por los vientos del suroeste, mientras que las zonas llanas costeras constituyen las planicies de inundación.

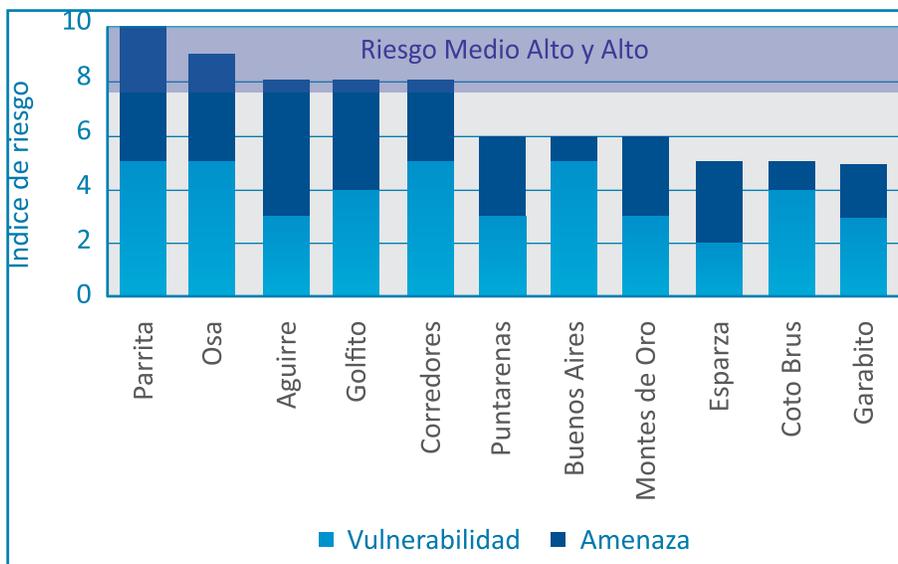
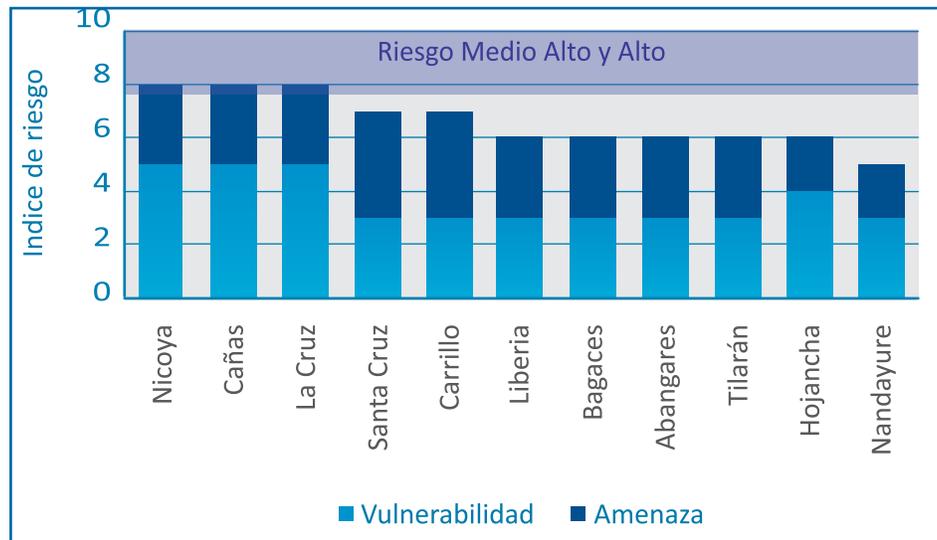


Figura 33. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Puntarenas.

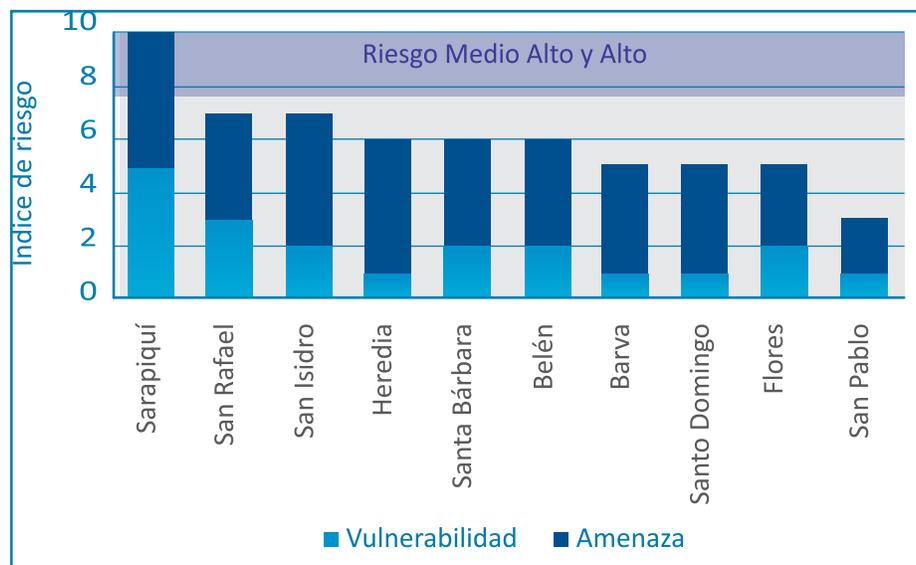
Nicoya, Cañas y La Cruz son los cantones de mayor riesgo en **Guanacaste**. Este nivel se debe principalmente a sus características socioeconómicas. Condiciones diferentes se presentan en Santa Cruz o Carrillo, donde los niveles de amenaza son altos, pero con bajos índices de vulnerabilidad, por tanto el riesgo es menor. El resto de cantones tienen niveles intermedios de riesgo.

Figura 34. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Guanacaste.



**Heredia** presenta niveles medios de riesgo con muy baja vulnerabilidad, con excepción de Sarapiquí que tiene una vulnerabilidad alta. Tal y como se comentó anteriormente, Heredia es un caso particular ya que a pesar que cuenta con un sistema social y económico sólido, las lluvias que se pueden presentar en la provincia hacen que los impactos de eventos extremos sean importantes.

Figura 35. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Heredia.



Los cantones fronterizos son los que presentan un mayor índice de riesgo en **Alajuela** y es debido principalmente a sus condiciones de vulnerabilidad socio económica. El resto de los cantones tienen niveles intermedios de riesgo y los cantones del occidente, son los que presentan los índices de riesgo más bajos.

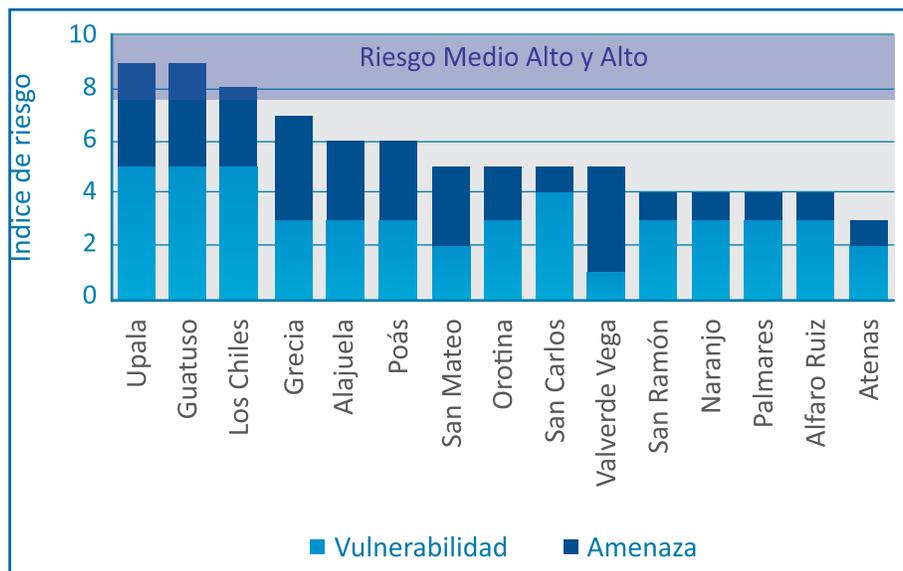


Figura 36. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Alajuela.

Tarrazú, Turrubares y Pérez Zeledón tienen un riesgo medio alto o alto ante eventos extremos lluviosos en **San José**. Presentan una vulnerabilidad alta y un nivel importante de amenaza. Otros cantones ubicados en los cerros de Cedral y estribaciones de la cordillera de Talamanca, presentan condiciones medias de riesgo, mientras que los que se encuentran en zonas más llanas tienen bajos niveles de riesgo debido a sus bajas vulnerabilidades. En estos cantones, las inundaciones e impactos no obedecen tanto a situaciones extremas de clima, como al colapso de la red pluvial y la falta de drenaje natural de lluvias que crean inundaciones urbanas.

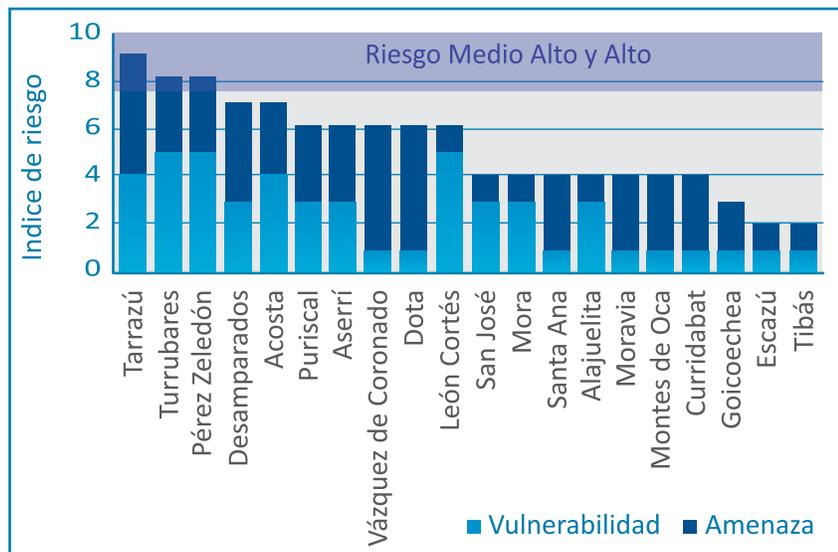
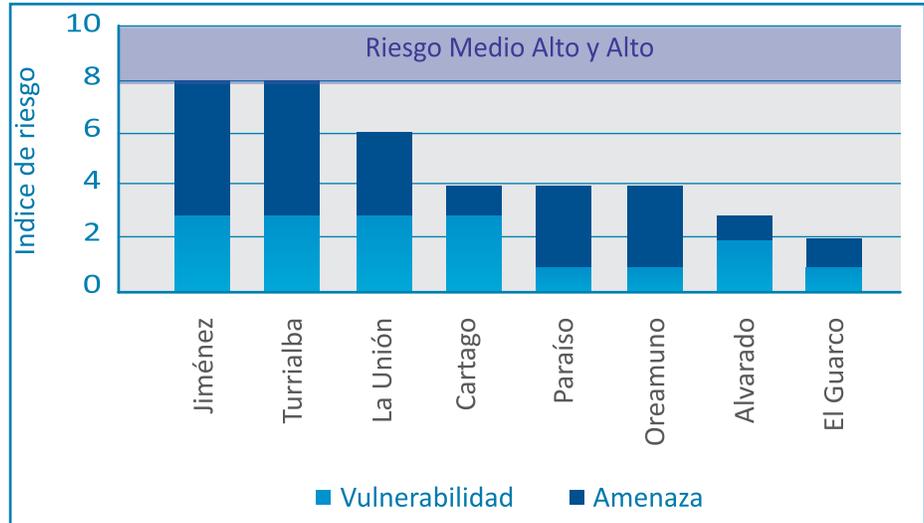


Figura 37. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de San José.

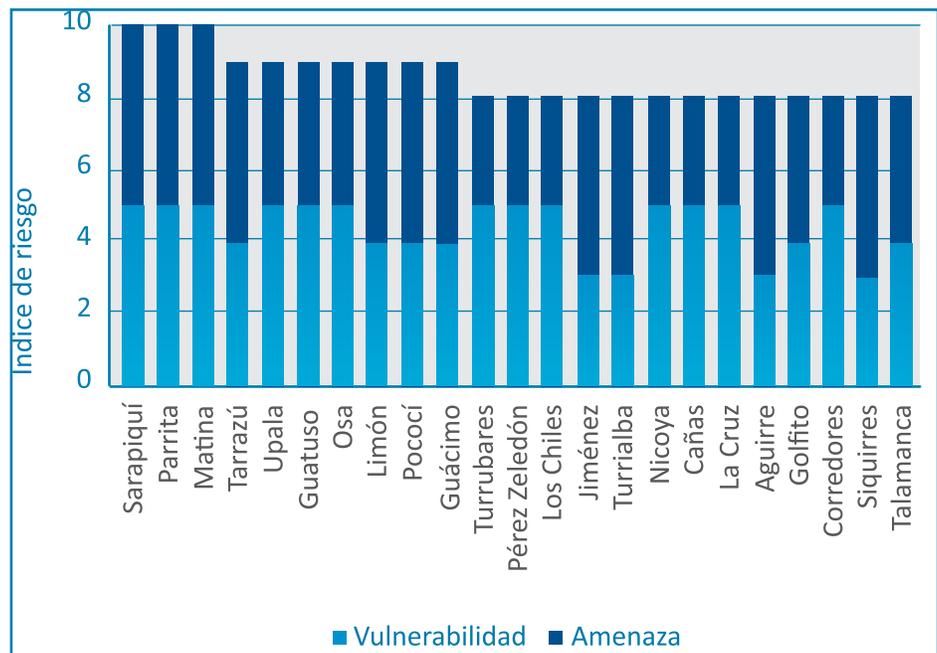
**Cartago** es la provincia que presenta menor riesgo ante eventos extremos lluviosos (figura 38). Se debe principalmente a su baja vulnerabilidad. No obstante, Jiménez y Turrialba tienen niveles de riesgo alto debido a su alta incidencia de amenaza. Los demás cantones presentan niveles medios y bajos.

Figura 38. Componentes del riesgo climático por eventos extremos lluviosos en los cantones de Cartago.



Los cantones de mayor riesgo climático ante eventos extremos lluviosos se ubican en forma muy general, en 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 la figura 39 se presentan los cantones de mayor riesgo climático ante eventos lluviosos extremos, detallando el nivel de vulnerabilidad y amenaza correspondiente, mientras que en el cuadro 15 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 evalúa el Índice de Desarrollo relativo al Género (IDG) que pretende evidenciar aquellas zonas donde la falta de equidad puede sumarse como variable importante de vulnerabilidad, en relación a los resultados de riesgo obtenidos.

Figura 39. Cantones de mayor riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.



Cuadro 15. 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 |
| <b>Zona 1 de alto riesgo: Norte y Caribe</b>                  |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Upala   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Guatuso   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Los Chiles  |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Sarapiquí   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Matina  |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Pococí  |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Siquirres   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Talamanca   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| <b>Zona 2 de alto riesgo: Pacífico</b>                        |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Nicoya  |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Cañas   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| La Cruz   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Parrita   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Osa   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Aguirre   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Golfito   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Corredores  |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| <b>Zona 3 de alto riesgo: No relacionados geográficamente</b> |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Tarrazú   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Limón   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Turrubares  |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Pérez Zeledón   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Jiménez   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Turrialba   |  |   |   |   |           |   |   |   |   |                  |    |    |    |    |     |
| Garabito  | No presenta indicadores de 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 | Indice 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.

En la figura 40 se 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.

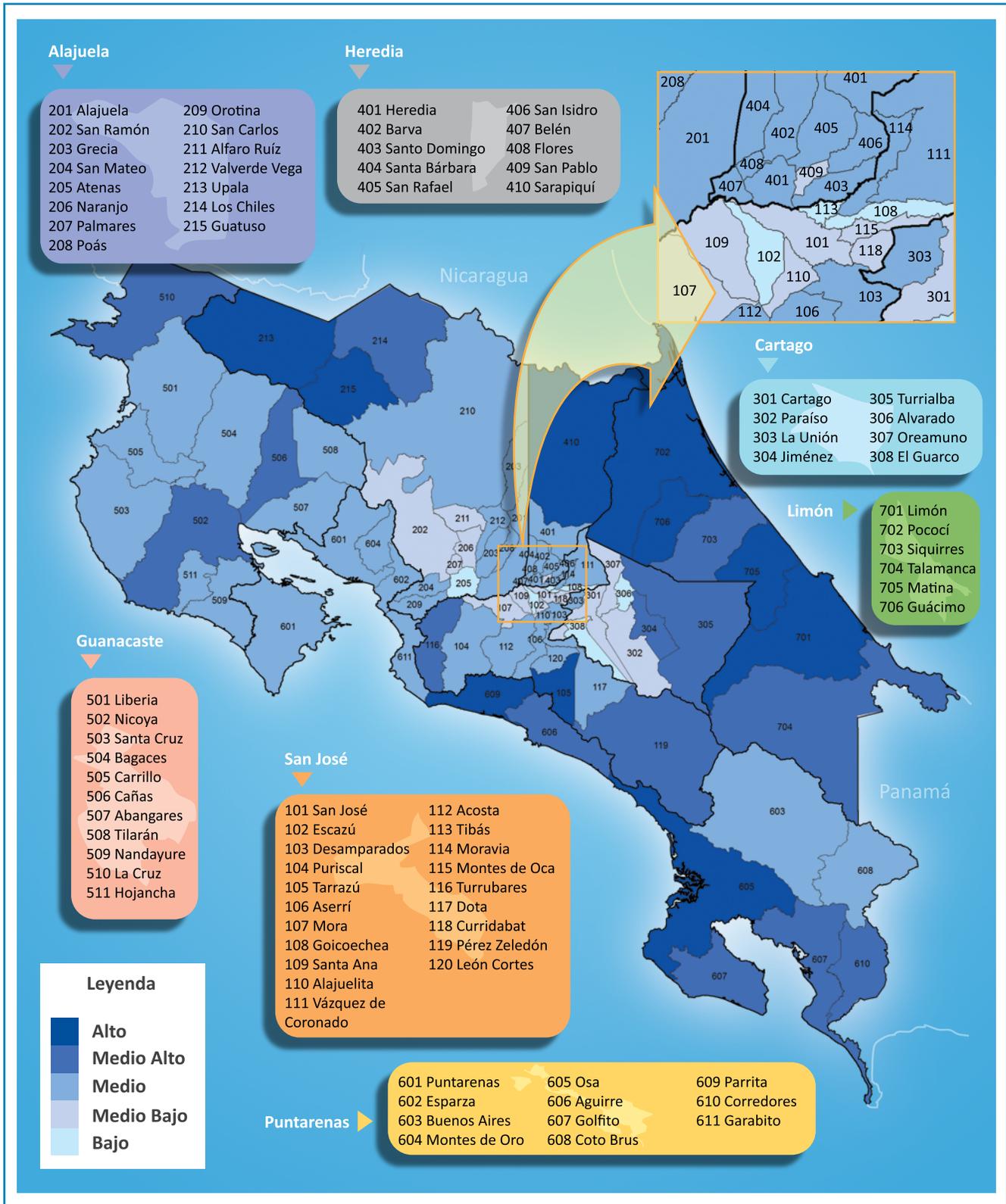


Figura 40. Riesgo climático ante eventos extremos lluviosos.

## 4. CONCLUSION

### La vulnerabilidad social y económica

Los análisis de riesgo climático dan una visión parcial de los daños que podría tener un sistema si un evento extremo llegara a impactar. Partiendo del hecho que el riesgo conceptualizado en este estudio se compone de dos elementos (la amenaza y la vulnerabilidad), es la vulnerabilidad la más subjetiva de ambos. Mientras que la amenaza se circunscribe al clima registrado por medio de datos meteorológicos, la vulnerabilidad puede ser aproximada por múltiples modelos conceptuales, puede responder a una gran variedad de sectores, puede ser estimada con una gran diversidad de herramientas espaciales, gráficas, de modelación matemática o cálculo y presenta un amplio espectro de fuentes de información. En el caso particular, la vulnerabilidad estudiada responde a un modelo social y económico, antes que biofísico (fragilidad ambiental) y fue estimada con índices compuestos a partir de indicadores y variables.

La vulnerabilidad analizada diagnostica a nivel de cantón algunas condiciones de fragilidad del sistema social y económico que depende del agua y está dirigida a identificar los grupos humanos más vulnerables ante situaciones extremas del clima donde se comprometa el uso del recurso agua. En este sentido, la vulnerabilidad expresada no puede ser considerada como total o única, o bien la mejor expresión analizada. Es solo una de muchas aproximaciones que se podrían realizar. Ahora bien, los resultados dan una guía para que las redes de acción intervengan con programas de atención coherentes. Estos programas pueden disminuir la vulnerabilidad estimada en este estudio si se emprenden acciones concretas para cada uno de los indicadores que presenten menor nivel.

La vulnerabilidad integral está expresada por condiciones de desarrollo humano, infraestructura y servicios. Es diferencial de acuerdo a la provincia o región del país. A nivel de provincia, Limón es la más vulnerable mientras que Cartago es la menos vulnerable. En términos integrales, la mayor vulnerabilidad se presenta en las zonas fronterizas, y costeras del país, de características rurales. La menor vulnerabilidad se presenta en las zonas centrales del país, de características urbanas. La vulnerabilidad rural obedece a bajas condiciones humanas y de infraestructura asociadas con la pobreza. La vulnerabilidad de las zonas urbanas se puede explicar por un deficiente sistema de servicios debido a la alta densidad poblacional.

Por otra parte, la vulnerabilidad identificada, se asocia con patrones de distribución cantonal ya conocidos como el Desarrollo Humano, Desarrollo Humano relativo al Género y la pobreza, visualizada principalmente en la carencia de necesidades básicas. En esta relación se puede concluir que el grupo

poblacional de mayor vulnerabilidad corresponde con un bajo desarrollo humano ligado a situaciones de pobreza y pobreza extrema, donde la participación de la mujer como cabeza de familia es importante. Bajo estas condiciones, y de acuerdo con el análisis de los componentes del índice de Necesidades Básicas Insatisfechas realizado por PRODUS (2010), la educación es el elemento que más pesa en las situaciones de pobreza. La falta de una educación formal limita las posibilidades de un empleo digno, lo cual atenta con el desarrollo pleno del ser humano. Se suma a esta condición, una mala infraestructura en vivienda principalmente, la falta de agua potable suministrada por acueducto y la falta de electricidad.

A pesar que la vulnerabilidad de la parte central del país es baja, no puede dejarse de lado el hecho que es la zona que contribuye con una mayor contaminación de acuíferos por la densidad de uso de tanques sépticos como eliminación de excretas. La misma situación de concentración poblacional y su crecimiento proyectado, debe de advertir los signos que ya se documentan: una baja cobertura boscosa protegida por ley como forma de protección de acuíferos y bajos niveles de disponibilidad de agua por persona. Se suma la escasa cobertura de centros de salud para atender la población total.

Los estudios de vulnerabilidad no deben ser base del diseño de estrategias de adaptación al cambio climático, si no resuelven el problema del riesgo o bien si no presentan explícitamente el escenario de clima que puede causar impactos negativos en la población. Si la adaptación se basa solo en vulnerabilidad de sistemas puede cometerse el error de destinar fondos y recursos a zonas altamente vulnerables pero que no van a ser impactadas negativamente por el cambio del clima.

## La amenaza

Uno de los principales factores que determinan la particularidad del clima extremo local es la geografía física del país. Tal y como lo reconoce De Luis et al (2001), al analizar los mecanismos de disparo de inundaciones, es necesario considerar el gran efecto que tienen los factores topográficos locales en la distribución de las precipitaciones y la elevada frecuencia de procesos convectivos generadores de fuertes aguaceros. Por otra parte, situaciones de sequía se evidencian principalmente en zonas llanas, como valles, mesetas y llanuras. Estos ciclos de inundaciones y sequías son los responsables de los procesos erosivos del suelo que poco a poco han forjado el paisaje característico de estas zonas, influyendo en la cultura y el ecosistema. Parte de la importancia de definir escenarios espaciales de precipitación extrema en este estudio, es precisamente la correspondencia geográfica de zonas de alta pluviosidad y aquellas expuestas a períodos secos. Por tanto, un acierto en la identificación de la amenaza, fue separar las condiciones secas de las lluviosas. En pasados estudios de análisis de riesgo

(Retana et al 2002), la amenaza tanto por extremos secos como lluviosos, se integraban en un solo índice, lo cual podía generar confusión en el análisis o sesgar los resultados dependiendo de la zona climática de análisis. Sin duda alguna, estas caracterizaciones espaciales de la amenaza cobran especial interés para los sectores involucrados en la gestión del recurso hídrico y en aquellos interesados en explorar sus vulnerabilidades en el marco del cambio del clima.

Por otra parte, los estudios de variabilidad climática basada en un período de 30 años, dan resultados robustos con el fin de identificar en forma general, los principales núcleos de precipitación o falta de ella durante eventos extremos. En este estudio, dadas las características de la vulnerabilidad que se estimó, se trabajó la amenaza a escala anual. Esta escala permite capturar la señal de eventos extremos secos o lluviosos que tienen períodos de evolución de días (efectos indirectos de huracanes o frentes fríos) hasta de meses (sequías asociadas a eventos El Niño) tal y como lo demuestran Retana y Villalobos (2002), IMN (2008) y Retana (2010). Es necesario mencionar que se identificaron condiciones aún generales de extremos de precipitación. Estudios locales serán necesarios para precisar con mayor detalle el grado y distribución de la amenaza.

## El riesgo

El riesgo fue descrito como la posibilidad de perder algo si una amenaza se concretiza. En el presente estudio, se enfocó en aquellos cantones que más frecuentemente han sido impactados por eventos hidrometeorológicos extremos y cuyas condiciones de vulnerabilidad han potenciado estos efectos negativos. En este sentido, se logra encontrar un patrón importante tanto para caracterizar los cantones en mayor riesgo por sequía como los de mayor riesgo por lluvias extremas.

En el caso de las sequías el mayor riesgo se encuentra en los cantones del Pacífico Norte, Pacífico Central y la Región Central, así como en el Pacífico Sur. Son cantones asentados en llanuras y planicies (algunas de inundación). Se presentan dos condiciones de vulnerabilidad diferentes. La primera (noreste, pacífico central y sur, especialmente hacia la costa y en la zona fronteriza norte) se relaciona con condiciones de bajo desarrollo humano, pobreza, población dependiente y desposeídos; mientras que la vulnerabilidad del sector central se asocia con una falta de servicios. En la zona central la alta concentración poblacional ha potenciado el efecto de las sequías sobre la gestión del recurso hídrico en las urbes. A pesar que los grupos poblacionales más vulnerables son plenamente identificados con situaciones de pobreza, las crisis de abastecimiento de agua potable y agua para salud e higiene

durante las sequías, pueden aumentar el espectro de afectación de los grupos poblacionales. Por tanto, de acuerdo con los resultados del estudio, el riesgo por sequía no recae siempre en los más pobres y vulnerables. La zona central del país es poco vulnerable y presenta buenos indicadores sociales y económicos por lo que se asume que su poder de respuesta y recuperación ante eventos secos extremos es mayor que en otras zonas. Sin embargo, tiene un alto índice de riesgo debido a que la amenaza es latente y recurrentemente ha impactado la zona. Una medida de adaptación al respecto, se formula en el Segundo Informe de Objetivos de Desarrollo del Milenio (MIDEPLAN 2010), donde se establece como meta para el 2015, que el 98.7% de la población disponga de agua potable para consumo humano. De acuerdo con lo que reporta Rodríguez (2011), en la actualidad el 89.5% de la población tiene acceso a agua potable por cañería. Son los cantones de las zonas fronterizas y la población indígena los que se encuentran con una baja cobertura de red. Esta es la meta hacia el 2015.

En el caso del riesgo por lluvias extremas, el patrón hace evidente que los cantones fronterizos y costeros son los mayormente impactados, sobresaliendo la Región Caribe y el Pacífico Central y Sur. Al igual que en el caso de las sequías, son cantones asentados en planicies de inundación y responden al patrón identificado con la vulnerabilidad: grupos humanos con un bajo índice de desarrollo general y bajo desarrollo relativo al género, son grupos desposeídos y dependientes. Están distribuidos en el Caribe y zona fronteriza norte, en el Pacífico Central y Pacífico Sur. A diferencia del riesgo por sequía, el riesgo por lluvias extremas guarda el mismo patrón provincial de la vulnerabilidad. Esto quiere decir que a mayor vulnerabilidad, mayor riesgo (con excepción de la provincia de Heredia). Los escenarios lluviosos potencian las vulnerabilidades a nivel de provincia. Es probable entonces que la vulnerabilidad de estas zonas, esté condicionada por eventos extremos lluviosos. La frecuencia de aparición de estos fenómenos acumula la vulnerabilidad e impide el desarrollo de las comunidades.

El panorama general de riesgo climático intenta fotografiar el presente con el fin de diagnosticar. Dado que la perspectiva es que la amenaza supere las condiciones actuales en un futuro cercano, la condición de riesgo seguirá creciendo si no se diseñan estrategias adecuadas para adaptar las sociedades y sus relaciones a condiciones futuras de climas extremos. Uno de los mayores peligros de la inacción, la indiferencia o el desacierto en las gestiones de seguridad, es que aquellas provincias o cantones de baja vulnerabilidad actual, sean movidas hacia condiciones de alta vulnerabilidad por los diferentes motores de cambio regional o global, promoviendo condiciones de alto riesgo aún cuando la amenaza no muestre tendencias de cambio. Por tanto, no se necesitaría de un cambio extremo en el clima para tener zonas de alto riesgo. Con las condiciones actuales de amenaza, ya el peligro es inminente.

El panorama integrado de riesgo climático (medio alto y alto) se presenta en la figura 41. Este puede ser el punto de partida para diseñar estrategias de adaptación.

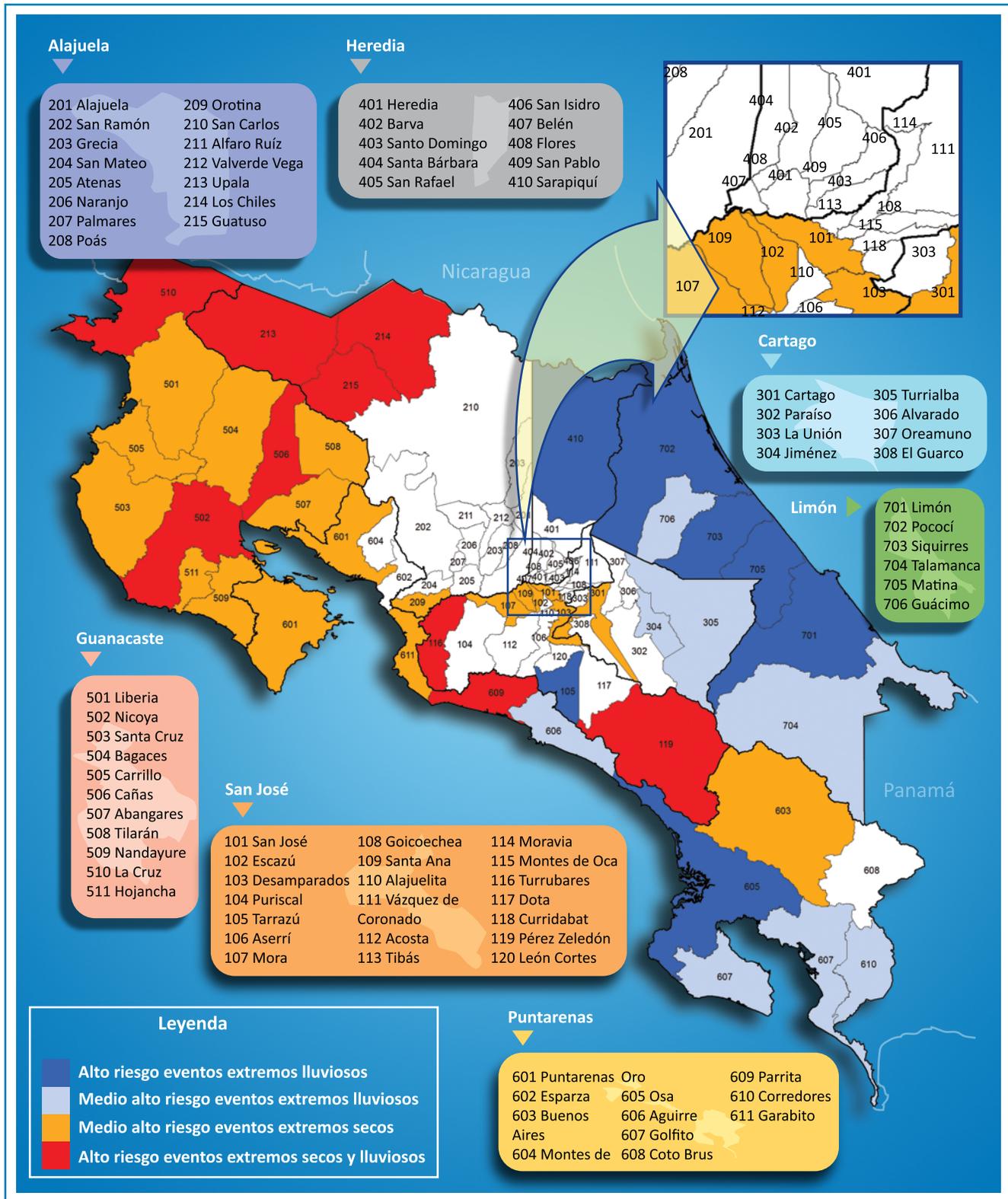


Figura 41. Cantones de mayor riesgo climático.

## Glosario

**Amenaza:** Son los procesos o fenómenos naturales que se producen en la biósfera y que pueden convertirse en sucesos dañinos. (PNUD 2004)

**Amenaza climática:** En este estudio se entiende por amenaza del clima aquellas situaciones en las que la evolución de fenómenos océano atmosféricos podría provocar eventos hidrometeorológicos extremos causantes de impactos en los sistemas. Normalmente estos impactos son negativos y están relacionados con la magnitud del evento y la vulnerabilidad del sistema. Desde este punto de vista el clima se presenta como una amenaza que presiona y pone a prueba la capacidad de resiliencia del sistema.

**Adaptación:** La adaptación al cambio climático es un proceso mediante el cual se desarrollan e implementan estrategias para aliviar, tolerar y aprovechar las consecuencias de los eventos climáticos (Lim y Spanger 2005 citando al IPCC 2002)

**Cambio climático:** Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera o el uso de la tierra. (IPCC 2007).

**Capacidad de adaptación:** Propiedad de un sistema de ajustar sus características o su comportamiento para poder expandir su rango de tolerancia bajo la variabilidad climática existente o condiciones climáticas futuras. (Lim y Spanger 2005 citando al IPCC 2002)

**Desarrollo humano:** Consiste ante todo en permitir a las personas tener una vida que valoren y en permitirles aprovechar su potencial como seres humanos". PNUD (2006).

**Desastre:** Grave trastorno desencadenado por un fenómeno natural que provoca pérdidas humanas, materiales, económicas y ambientales que exceden la capacidad de los afectados de lidiar con ellas. (PNUD 2004).

**Escenarios climáticos:** Representación plausible y en ocasiones simplificada del clima futuro, basada en un conjunto de relaciones climatológicas internamente coherente definido explícitamente para investigar las posibles consecuencias del cambio climático antropogénico, y que puede introducirse como datos de entrada en los modelos de impacto. (IPCC 2007).

**Exposición:** Conjunto de personas, bienes o valores expuestos directamente a una amenaza particular o a múltiples amenazas. La exposición implica la posibilidad de perder el valor material y el valor inmaterial del bien o el servicio. Modificado de (PNUD 2004)

**Eventos extremos:** Fenómeno meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un fenómeno meteorológico sería igual o superior a los percentiles 10 o 90 de la función de densidad de probabilidad observada. IPCC (2007). Para Costa Rica, se conceptualizó el “evento extremo” como aquel fenómeno hidrometeorológico (frecuente o no) que causa una situación de emergencia debido a alteraciones significativas en el estado del tiempo o clima que provocan impactos negativos importantes en actividades sociales o productivas IMN (2008). Esta definición toma más en cuenta la magnitud del evento y su impacto, antes que su frecuencia de aparición.

**Gestión del riesgo:** Es un proceso social complejo que conduce al planeamiento y aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas orientadas a impedir, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente. Lavell (2002)

**Indicadores de vulnerabilidad:** En el caso específico de este estudio, los indicadores de vulnerabilidad son variables cuantitativas que representan características de un sistema y que permiten medir el estatus de una comunidad, comparar sociedades e identificar temas de atención y gestión (Villagrán 2006). El conjunto de estas características evalúan la fortaleza o debilidad del sistema ante eventos extremos de clima. Bajo la perspectiva de la adaptación al cambio climático, los indicadores de vulnerabilidad pueden ser usados como indicadores de desempeño y monitoreo de actividades que tiendan a disminuir

la vulnerabilidad. Para cumplir estas funciones, los indicadores deben de ser sencillos, sostenibles en el tiempo, con una cobertura geográfica adecuada y una institucionalidad reconocida.

**Motores de cambio:** En este estudio se entienden como agentes externos o internos de un sistema, que influyen en el rumbo de sus procesos. Los motores o fuerzas de cambio, deben de ser identificados dentro de los análisis de riesgo con el fin de considerarlos como fuentes de variación del comportamiento social y económico proyectado a futuro.

**Resiliencia:** Es el grado de cambio al que puede estar sometido un sistema sin cambiar de estado. (Lim y Spanger 2005 citando al IPCC 2001).

**Riesgo:** Pérdidas esperadas (vidas, propiedades, económicas) debido a una amenaza particular dada en un espacio y tiempo determinado. Basada en cálculos matemáticos, el riesgo es el producto de la amenaza y la vulnerabilidad. (OMM 1999).

**Riesgo climático actual:** Retrospectiva de las consecuencias (sociales, económicas, ambientales o culturales) causada por eventos extremos hidrometeorológicos. La frecuencia de impactos de eventos extremos en función de la vulnerabilidad medida, es un indicador del riesgo actual en el que se encuentra una determinada área de territorio.

**Variabilidad climática:** Se refiere a las variaciones en el estado promedio y a otras estadísticas (desviaciones normales, incidencia de extremos, etc) del clima en todas las escalas temporales y espaciales que se extienden más allá de los eventos climáticos individuales. (IPCC 2007).

**Vulnerabilidad:** Grado al cual un sistema es susceptible a, o incapaz de, enfrentarse a efectos adversos del cambio climático incluyendo variabilidad climática y eventos extremos. (IPCC 2007) IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2007.

**Sistema:** Conjunto de elementos interrelacionados en forma coherente para asegurar un producto. Es dinámico y evolutivo. Las interrelaciones caracterizan los elementos del sistema, el cual debe ser autocontrolable. (Castro, 2000)

---

## Bibliografía

---

Adamson, M. 2008. Guía metodológica para la construcción del SIGA (Sistema Integrado para la Gestión Ambiental Municipal). Planificación para la prevención de los desastres naturales y ambientales. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC).119p.

Ahnert, F. (1986) An approach to the identification of morphoclimates. En: Gardiner, V., (Ed.). International Geomorphology, John Wiley & Son, Chisterter, p. 159-188.

Cambio climático 2007. Base de las ciencias físicas. Resumen para responsables de políticas. Resumen técnico. Preguntas frecuentes. Contribución del Grupo de Trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación. OMM-UNEP. 153p.

Castro, Nils. 2000. Sistemas, estructuras y desarrollos. Instituto de Estudios Nacionales. Panamá, Panamá. 126p.

CEPREDENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central), 2007. Plan regional de reducción de desastres 2006-2015. Secretaría de Integración Centroamericana (SICA)-Banco Mundial. Guatemala, Guatemala. 87p.

Céspedes, V.H.; Jiménez, R. 2006. Pobreza en Costa Rica. Tercera Jornada Anual de la Academia en Centroamérica. Academia de Centroamérica, Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), Banco Mundial, Centro Centroamericano de Población, Fundación Konrad Adenauer. San José, Costa Rica. 102p.

De Luis, M.; González, J.; Raventós, J.; Sánchez, J. 2001. Modificación del ajuste de Ahnert para calcular períodos de retorno de precipitaciones extremas en ambientes de elevada variabilidad pluvial. Aplicación a la comunidad Valenciana. *Geographicalia*. Vol 39. 2001. 15p.

Delgado, V. 2008. Análisis de la amenaza de la sequía como evento extremo en Costa Rica para el período 1956-2008. Universidad Nacional. Facultad de la Ciencia de la Tierra y el Mar. Escuela de Ciencias Geográficas. Práctica Supervisada. Instituto Meteorológico Nacional. San José. 37p.

Dengo, J. 2003. Perspectivas y problemas en el uso del agua. Foro Ambiental. Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT). Costa Rica-United States of America-Fundación para la Cooperación (CRUSA). San José, Costa Rica. 40p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 1997. La recuperación de los ríos de Europa Septentrional es un ejemplo para otros. Documento recuperado: octubre 2010. <http://www.fao.org/Noticias/1997/970403-s.htm>.

IAI (Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global). 2010. Calor, polvo y gente. Los sistemas de información geográfica muestran la variación del riesgo para la salud provocado por la combinación de fenómenos extremos del tiempo con la contaminación en grandes ciudades de América Latina. *Instantáneas de la Ciencia*. IAI-NSF bajo el CRN 2017. 6 IAI.

IGP (Instituto Geofísico del Perú). 2005. Vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático y medidas de adaptación en la cuenca del río Mantaro. Serie Cambio Climático. Evaluación local integrada de cambio climático para la cuenca del río Mantaro. Consejo Nacional del Ambiente (CONAM). Perú. Volumen III. 104p.

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.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). 2007. Cambio climático 2007. Base de las ciencias físicas. Resumen para responsables de políticas. Resumen técnico. Preguntas frecuentes. Contribución del Grupo de Trabajo 1 al Cuarto Informe de Evaluación. OMM-UNEP. 153p.

Lavell, A. 2002. Conceptos y definiciones de relevancia en la gestión del riesgo. Basado en Cardona, O. 2000. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD. Documento consultado en el 2001. [www.snet.go.sv/documentos/conceptos](http://www.snet.go.sv/documentos/conceptos).

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.

MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica). 2010. Objetivos de desarrollo del milenio. II informe País. MIDEPLAN-Sistema de las Naciones Unidas. San José, Costa Rica. 232p.

OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económicos). 2001. Indicadores medioambientales para la agricultura. Métodos y resultados. Volumen 3. 19p. Traducción de extractos de Environmental Indicators for Agriculture Methods and Results. Vol 3. 2001. París, France.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). 1999. Comprehensive risk assessment for natural hazards. WMO/TD 955. 92pp

Ortíz, L. 2007. Base de datos: Eventos hidrometeorológicos extremos y sus impactos en Costa Rica. Período 1954-2007. Comité Regional de Recursos Hidráulicos. CRRH-SICA-UNEP-AIACC.

Parry, M.; Canziani, O.; Palutikof, J. 2008. Conclusiones fundamentales del IPCC en relación con los impactos y adaptaciones al cambio climático. Boletín Tiempo, Clima, Agua. Organización Meteorológica Mundial. Vol 57(2):78-85.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2004. La reducción de riesgos de desastres: Un desafío para el desarrollo , un informe mundial. Dirección de Crisis y Recuperación. New York, USA. 146p.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2006. Resumen Informe sobre Desarrollo Humano. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Mundi Prensa Libros SA. Castelló, Madrid, España. 57p.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2008. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido. Mundi Prensa Libros SA. Castelló, Madrid, España. 386p.

PRODUS (Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible). 2009. Diagnóstico Socioeconómico de Costa Rica. Proyecto Análisis de la vulnerabilidad del sector hídrico de Costa Rica ante el Cambio Climático para aumentar las capacidades de adaptación y mejorar el índice de desarrollo humano. PNUD-IMN. Informe Final.

Programa Estado de La Nación Costa Rica. 2009. Informe 16. Estado de La Nación en el Desarrollo Humano Sostenible. Programa Estado de La Nación. San José, Costa Rica. 380p.

Ramos-Mañé, C.; Hareau, A. 1997. Vulnerability and adaptation to climate change in Latin America. Climate Research. Interactions of climate with organisms, ecosystems and human societies. US Country Studies Program. CR Special. Vol 9 (1-2): 155p.

Retana, J.; Villalobos, R. 2002. Eventos extremos meteorológicos en Linda Vista, Valle del Guarco, Cartago. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 9(1):56-63.

Retana, J.; Villalobos, R.; Campos, M.; Chacón, A. 2005. 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.

Retana, J. 2009. Programa de Capacidades y Mecanismos de Coordinación: Gestión integral del riesgo climático por medio de un Sistema de Alerta Temprana basado en ENOS. Programa Regional de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental (PREVDA), Sistema de Integración Centroamericana (SICA).

Retana, J. 2010. Precipitación mensual y anual durante el 2009 en las regiones climáticas de Costa Rica: estimación de impactos de eventos extremos. Departamento de Climatología e Investigación Aplicada. Instituto Meteorológico Nacional. Nota Técnica 01. San José, Costa Rica. 5p.

Rodríguez, I. 2011. El 15% de la población mundial padece algún tipo de discapacidad física. La Nación. Aldea Global. Costa Rica. Jun.10 . Versión electrónica.

Rodríguez, I. 2011. Sesenta mil costarricenses aún no reciben agua de tubería. La Nación. Aldea Global. Costa Rica. Mar. 22. Versión electrónica.

SEI (Stockholm Environment Institute). 2004. Desde los indicadores de vulnerabilidad hasta los perfiles y la adaptación. Programa de Riesgo y Vulnerabilidad. Módulo de Capacitación. ACC2 (Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. CATALAC-PNUD-GEF. México D.F. México. 6p.

Villagrán, J.C.2006. Vulnerability: A conceptual and methodological review. United Nations University. Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). SOURCE: Studies of the University Research, Counsel, Education. Bonn. Germany. N4/2006. 64p.

Wahlstrom, M. 2009. Reducción del riesgo de desastres, gestión de riesgos climáticos y desarrollo sostenible. Boletín OMM. Tiempo, Clima, Agua. Organización Meteorológica Mundial. Vol 53(3):165-174.

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.

Winograd, M.; Farrow, A. 2000. Riesgo climático en América Central. Uso de la información para mejorar la toma de decisiones. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Banco Mundial (BM), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 4p.

Zapata, R. 2006. Los efectos de los desastres en 2004 y 2005: la necesidad de adaptación de largo plazo. Serie Estudios y Perspectivas. Punto Focal de Evaluación de Desastres. CEPAL-ONU. México D.F. (54). 47p.