PLAN · A

TERRITORIOS RESILIENTES

ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Producto Nº 3: Diagnóstico del cantón de Osa, perfil local, perfil climático y oportunidades

CATIE

SGSA

COSTA RICA

MiNAE

DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

ONU programa para el medio ambiente

GREEN CLIMATE FUND

Fundecooperación

El presente documento fue elaborado para la Municipalidad de Osa en el marco del proyecto Plan-A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático. Este es implementado por el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con financiamiento del Fondo Verde para el Clima (GCF) y bajo la supervisión estratégica del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica.

Febrero de 2022, San José, Costa Rica

Contrato:
Consultoría para la integración efectiva de estrategias de adaptación al cambio climático en procesos de planificación en los cantones de Buenos Aires, Montes de Oro, Parrita y Osa. CONT-2021-010 ATLAS 412

Elaboración técnica:
Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Sistemas Geoespaciales S.A. (SGSA)

EQUIPO TÉCNICO:

Javier Saborío Bejarano, M.Sc.

Coordinador de la firma consultora CATIE-SGSA - *Responsable de calidad de productos*
Manejo de cuencas hidrográficas, hidrología; Sistemas de información geográfica, cartografía y teledetección

Jorge Faustino Manco, Ph.D. - *Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas*

Geison Elizondo, M.Sc. - *Planificación rural - Geógrafo*

María del Mar Saborío, M.Sc. - *Sostenibilidad, Gestión del Riesgo y sistemas de información geográfica*

Ronald McCarthy M.Sc. - *Gobernabilidad*

Ana Víquez, PhD - *Componente social*

María José Bermúdez, Lcda. - *Componente social, especialista en talleres*

Sergio Mora, PhD. - *Control de calidad*

Marianela Hidalgo, MBA. - *Asistente administrativo*

Título del producto:
Producto 3. Diagnóstico del cantón de Osa, perfil local, perfil climático y oportunidades

Asesoría y revisión técnica:
Alexander Zúñiga Medina, Equipo técnico Municipalidad de Osa
Brenda Zúñiga Brenes, Equipo técnico Municipalidad de Osa
Yanitza Rojas Soto, Equipo técnico Municipalidad de Osa
Ximena Apéstegui Guardia, Coordinadora del proyecto Plan A
Raquel Gómez Ramírez, Asesora técnica en adaptación al cambio climático proyecto Plan A
Natalia Gómez Solano, Asistente técnica del proyecto Plan A

Apoyo institucional:

El proceso de formulación del presente documento contó con el valioso apoyo del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible, así como de la Alcaldía y el Concejo Municipal de Osa. Agradecemos a cada uno de los actores clave que han formado parte del proceso de construcción de este documento: sectores gubernamentales, gobierno local y a los representantes de los actores no estatales: academia, jóvenes, mujeres, comunidades indígenas, sector privado, cooperación internacional y sociedad civil organizada que participaron en la formulación de este documento por su compromiso y arduo trabajo, así como por su asistencia técnica a CATIE y SGSA.

SIGLAS

AMCC	Acuerdo Marco sobre Cambio Climático
ADI	Asociaciones de Desarrollo Integral
APR	Áreas de pesca responsables
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ARS	Área Rectora de Salud
ASADAS	Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales}
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
ASIS	Análisis de la Situación de Integral de Salud
AyA (ICAA)	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BANHVI	Banco Hipotecario de la Vivienda
CAC	Centro Agrícola Cantonal
CAACR	Cámara de Agricultura y Agronegocios de Costa Rica
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CB	Corredores Biológicos
CGA	Calentamiento Global Antropogénico
CCSS	Caja Costarricense de Seguro Social
CNE	Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias
CNP	Consejo Nacional de Producción
CDB	Convención sobre Diversidad Biológica
CCCI	Consejo Cantonal de Coordinación Interinstitucional
CORFOGA	Corporación Ganadera
COSEL	Consejo Sectorial Local
DINADECO	Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad
EBAIS	Equipos Básicos de Atención Integral en Salud
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
GRD	Gestión del Riesgo de Desastres
GIZ	Cooperación alemana para el desarrollo
GWP	Global Water Partnership
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
ICT	Instituto Costarricense de Turismo
IMAS	Instituto Mixto de Ayuda Social
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
INCOPESCA	Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura
INDER	Instituto de Desarrollo Rural
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INTA	Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
IPEC	Instituto Profesional de Educación Comunitaria
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
KBA	Áreas Claves para la Biodiversidad, por sus siglas en inglés
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEP	Ministerio de Educación Pública
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MIVAH	Ministerio de Vivienda y Ausentamientos Humanos
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
MS	Ministerio de Salud
NA	No aplica
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONG	Organizaciones No Gubernamentales

PSA	Programa de Servicios Ambientales
PRODUS	Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
PYMES	Pequeños y Medianos Empresas
SC	Segmento censal
SGSA	Sistemas Geoespaciales SGSA
SENARA	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento
SERSA	Sistema Estandarizado de Regulación de Salud
SETENA	Secretaría Técnica Nacional Ambiental
SNIT	Sistema Nacional de información Territorial
SPNDU	Secretaría del Plan Nacional de Desarrollo Urbano
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación
UCR	Universidad de Costa Rica
UNA	Universidad Nacional Autónoma
UTN	Universidad Técnica Nacional
UGM	Unidad Geoestadística Mínima
UNED	Universidad Estatal a Distancia
VC	Variabilidad climática
ZMT	Zona Marítimo Terrestre

TABLA DE CONTENIDO

1. Generalidades 10
1.1 Introducción 10
1.2. Antecedentes respecto a territorios resilientes 11
1.3. Alcance de la consultoría 12
1.4. Objetivos 13
2. Metodología 13
2.1 Perfil Climático 13
2.1.1 Revisión de la información 14
2.1.2 Amenazas consideradas 14
2.1.3 Situaciones de exposición / vulnerabilidad 15
2.1.4 Consideraciones de los impactos y análisis de riesgos 16
2.1.5 Formulación del modelo alternativo 16
2.2 Explicación de la metodología 18
2.2.1. Índice de exposición 18
2.2.2 Índice de Vulnerabilidad (IV) 18
2.2.3 Amenaza integrada 19
2.2.4 Uso de la tierra 19
2.2.5 Capacidad de los suelos y divergencias 19
2.2.6 Áreas impactadas 19
2.2.7 Priorización por microcuenca, subcuenca y por ASP, incluyendo RI 20
2.2.8 Escenarios P10 y P90, y forma de utilizarlos 20
2.2.9 Oportunidades y debilidades por la VC y el CGA 21
2.2.10 Similitudes y diferencia de enfoques respecto al estudio (UCR, 2021). 22
3. Perfil local 23
3.1 Localización geográfica del cantón de Osa 23
3.2 Cuencas hidrográficas en el cantón de Osa 24
3.3. Climatología - variables climáticas 25
3.3.1 Precipitación promedio anual 26
3.3.2 Temperatura 28
3.3.3 Humedad relativa 29
3.3.4 Evaporación 31
3.3.5 Velocidad y dirección del viento 32
3.3.6 Erosividad de la lluvia en el cantón de Osa 34
3.3.7 Eventos de El Niño y La Niña 35
3.3.8 Zonas de vida de Holdridge 36
3.3.9 Uso de la tierra 37
4. Características socioeconómicas del cantón de Osa 39
4.1 Territorios indígenas 41

5. Síntesis de los instrumentos vigentes para la planificación del cantón 42
6. Perfil climático 47
6.1 Síntesis de amenazas e impactos climáticos que afectan o afectarán al cantón en el futuro 47
6.1.1 Inundaciones 50
6.1.2 Inundaciones costeras 51
6.1.3 Inestabilidad de laderas 52
6.1.4 Erosión laminar 53
6.1.5 Inestabilidad de laderas 55
6.1.6 Incendios forestales 56
6.1.7 Conflictos del uso de la tierra 57
6.1.8 Precipitación extrema 59
6.1.9 Amenazas integradas o combinadas 64
7. Síntesis de condiciones de vulnerabilidad que prevalecen en el cantón 65
7.1 Índice de Vulnerabilidad (IV) del cantón por UGM 66
7.2 Ajuste por densidad de infraestructura y por densidad vial 67
7.3. Síntesis de factores de exposición a los peligros climáticos identificados. 70
7.3.1 Exposición actual 71
7.3.2 Exposición futura 72
7.4 Síntesis de principales impactos climáticos y "riesgos" identificados en el cantón 73
7.4.1 Impactos climáticos por cuenca – subcuencas - microcuencas 74
7.4.2 Impactos climáticos por áreas especiales 75
8. Oportunidades 76
9. Identificación y análisis de actores clave y sus roles en el cantón de Osa 77
10. Capacidad adaptativa 78
11. Conclusiones 79
12. Recomendaciones 81
13. Bibliografía consultada 82
Anexo 1. Glosario 86
Anexo 2. Inestabilidad de laderas 89
A2.1 Factor de pendientes o de relieve relativo (SP o SR) 91
A2.2 Factor litológico (SL) 92
A2.3 Factor de humedad (SH) 94
A2.4 Susceptibilidad potencial a deslizamientos, factor SUSC 95
A.2.5 Disparo por sismicidad DS 96
A.2.6 Disparo por intensidad de lluvia (Dp) 99
Anexo 3 Erosión laminar 103
A3.1 Factor R 103
A3.2 Factor erodabilidad de los suelos (factor K) 105
A3.3 Factor LS 107
A3.4 Factor C 109
A3.5 Factor de prácticas de conservación (P) 110
A3.6 Erosión laminar 111
Anexo 4. Capacidad de uso de la tierra del cantón de Osa 112

A4.1 Uso actual u ocupación del uso de la tierra 113
A4.2. Divergencias en el uso de la tierra 116
Anexo 5. Análisis de exposición en el cantón de Osa 120
A5.1 Exposición por inundaciones de la CNE 120
A5.2 Exposición por deslizamientos / coronas y flujos de lodo de la CNE 121
A5.3 Exposición a la inestabilidad de laderas por la metodología Mora&Vahrson 122
A5.4 Exposición por puntos de calor 123
A5.5 Exposición por erosión laminar 124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico propuesto para el desarrollo del análisis de los conflictos en el uso de la tierra y de la exposición ante las amenazas relacionadas con los procesos de origen hidrometeorológico y de la geodinámica externa. 18
Figura 2. Cantón de Osa, distritos y reservas indígenas....23
Figura 3. Cantón de Osa y sistema de drenaje por subcuencas 24
Figura 4. Cantón de Osa y sistema de drenaje por quebradas 25
Figura 5. Precipitación promedio total anual en el cantón de Osa....27
Figura 6. Temperatura promedio anual en cantón de Osa....29
Figura 7. Humedad relativa en estaciones del área de interés 30
Figura 8. Humedad relativa en el cantón de Osa 30
Figura 9. Evaporación promedio mensual en estaciones de interés....31
Figura 10. Evaporación promedio anual en el cantón de Osa 32
Figura 11, Alturas de las olas en el Pacifico Centra (PC) y el Pacifico Sur (PS) 33
Figura 12. Erosividad de la lluvia en el cantón de Osa 35
Figura 13. Zonas de vida en el cantón de Osa 36
Figura 14. Uso de la tierra en el cantón de Osa 37
Figura 15. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Osa....38
Figura 16. Instrumentos de la Planificación Municipal 46
Figura 17. Inundaciones y flujos de lodo en el cantón de Osa 50
Figura 12. Inundaciones costeras en el cantón de Osa. 51
Figura 19. Inestabilidad de laderas-CNE, en el cantón de Osa. (Fuente: CNE, en SNIT) 52
Figura 20. Erosión laminar en el cantón de Osa. 53
Figura 21. Áreas y porcentajes de erosión laminar en el cantón de Osa 54
Figura 22. Inestabilidad de laderas en el cantón de Osa, a partir de la metodología de Mora y Vahrson 55
Figura 23. Áreas y porcentajes de inestabilidad de laderas en el cantón de Osa. 56
Figura 24. Incendios forestales en el cantón de Osa. 57
Figura 25. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Osa. 58
Figura 26. Conflictos del uso de la tierra en el cantón de Osa 59
Figura 27. Percentil 90 – actual....60
Figura 28. Percentil 90 RCP2.6A, horizonte cercano 61
Figura 29. Percentil 90 RCP2.6B, horizonte medio....61
Figura 30. Percentil 90 RCP8.5A, horizonte cercano 62
Figura 31. Percentil 90 RCP8.5B, horizonte medio....62
Figura 32. Diferencia del P90_RCP26B respecto P90_Hist, en porcentaje....63
Figura 33. Multiamenazas en el cantón de Osa 64
Figura 34. Índice de vulnerabilidad por UGM, cantón de Osa....67
Figura 35. Densidad por infraestructura en el cantón de Osa.....68
Figura 36. Densidad por infraestructura en el cantón de Osa....68
Figura 37. Índice de vulnerabilidad ajustado por infraestructura y vialidad en el cantón de Osa 69
Figura 38. Exposición actual integrada o combinada en el cantón de Osa 71
Figura 39. Exposición actual integrada, ajustada por RCP26B, al 2030 en el cantón de Osa. 72
Figura 40. Priorización por microcuencas, en el cantón de Osa....74
Figura 41. Áreas Silvestres Protegidas por exposición integrada, en el cantón de Osa 75

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas usados para el trazo de las Isoyetas 26
Cuadro 2. Temperaturas promedio mensuales 28
Cuadro 3. Evaporación promedio mensual en estaciones área de interés 31
Cuadro 4. Velocidades del viento en el Pacifico Central y Sur 33
Cuadro 4. Estaciones climáticas en el área de interés y datos del factor R 34
Cuadro 6. Zonas de Vida de Holdridge en el área de interés 37
Cuadro 7. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón de Osa 38
Cuadro 7. Distritos por cantones en área de análisis 39
Cuadro 9. Calificación del IDS por MIDEPLAN, 2017 y de IDH, 2018 por PNUD 40
Cuadro 10. Población urbana/rural y por distrito al 2011 40
Cuadro 11. Proyección de la población al 2025, por INEC, 2013 40
Cuadro 12. Indicadores económicos por distrito, INEC 2011. 41
Cuadro № 13. Territorios indígenas 2011 42
Cuadro 14. Erosión laminar en el cantón de Osa 53
Cuadro 15. Inestabilidad de laderas en el cantón de Osa 55
Cuadro 16. Áreas y porcentajes de los conflictos del uso de la tierra 58
Cuadro 17. Variables utilizadas para el cálculo del índice de vulnerabilidad (UCR, 2021) 66
Cuadro 18. Estrategias de adaptación en el cantón de Osa 76
Cuadro 19. Roles de los actores a nivel cantonal, con respecto a la gestión ambiental y del recurso hídrico 77

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 2

Figura A2-1. Esquema del proceso Mora & Vahrson. 90
Figura A2-2. Pendientes, en grados, en el cantón de Osa 91
Figura A2-3. Factor Sp, metodología Mora & Vahrson, en el cantón de Osa 92
Figura A2-4. Geología en área de análisis del cantón de Osa 93
Figura A2-5. Factor litológico (Sl), en área de análisis del cantón de Osa 94
Figura A2-6. Factor de humedad (Sh) de la metodología Mora &Vahrson, en el cantón de Osa 95
Figura A2-7. Susceptibilidad potencial a deslizamientos – Mora &Vahrson, en el cantón de Osa 96
Figura A2-8. PGA en Gales, período de recurrencia de 500 años, para el área de análisis. 96
Figura A2-9. Factor de disparo - sismicidad, método Mora &Vahrson, para el cantón de Osa 98
Figura A2-10. Lámina de lluvia (Dp) para D=24 horas y PR=100 años, método Mora &Vahrson 99
Figura A2-11. Disparo por intensidad de lluvia (Dp), método Mora &Vahrson 100
Figura A2-12. Disparo total (Ds+Dp), método Mora &Vahrson. 101
Figura A2-13. Inestabilidad de laderas, método Mora &Vahrson. 102

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 2

Cuadro A2-1. Valores para obtener el factor SP, a partir de las pendientes en grados 92
Cuadro A2-2. Relación entre el Índice Modificado de Mercalli (IMM) y la aceleración pico del terreno (PGA) 98
Cuadro A2-3. Calificativo para la precipitación máxima de 24 horas, para Tr= 100 años 99
Cuadro A2-4. Reclasificación de la amenaza por deslizamientos, según el método Mora&Vahrson. 101

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 3

Figura A3- 1. Factor R (erosividad de la lluvia), cantón de Osa 104
Figura A3-2. Suelos a nivel de primer orden del cantón de Osa 105

Figura A3-3. Factor K (erodabilidad de los suelos) del cantón de Osa.....106
Figura A3-4. Ilustración sobre el concepto de longitud del terreno.....107
Figura A3-5. Factor LS en el cantón de Osa 108
Figura A3-6. Factor C (uso y tipo de cobertura) del cantón de Osa. 110
Figura A3-7. Erosión laminar en el cantón de Osa 111

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 3

Cuadro A3-1. Valores de “C” y tipo de cobertura 109

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 4

Figura A4-1. Capacidad de los suelos por cuenca hidrográfica en el cantón de Osa.....113
Figura A4-2. Uso de la tierra en el área del cantón de Osa 115
Figura A4-3. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Osa 116
Figura A4-4. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Osa 118
Figura A4-5. Conflictos a nivel de subcuencas en área del cantón de Osa 119

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 4

Cuadro A4-1. Áreas de capacidad de uso de la tierra en el cantón de Osa 113
Cuadro A4-2. Áreas y porcentajes del uso de la tierra enl cantón de Osa 116
Cuadro A4-3. Criterios de divergencias del uso de la tierra.....117
Cuadro A4-4. Áreas y porcentajes de las divergencias del uso de la tierra.....119

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 5

Figura A5- 1. Exposición a las inundaciones de la CNE, en el cantón de Osa.....120
Figura A5-2. Exposición a la inestabilidad de laderas de la CNE en el cantón de Osa 121
Figura A5-3. Exposición a la inestabilidad de laderas Mora y Vahrson en el cantón de Osa 122
Figura A5-4. Exposición a la densidad de puntos de calor del cantón de Osa 123
Figura A5-5. Exposición a la erosión laminar respecto a áreas de conflictos de uso de la tierra en el cantón de Osa 124

1. Generalidades

1.1 Introducción

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente) ejecuta el Proyecto "Construyendo capacidades subnacionales para la implementación del Plan Nacional de Adaptación en Costa Rica" (también conocido como Plan – A: Territorios Resilientes ante el Cambio Climático) con financiamiento del Fondo Verde para el Clima (GCF) y bajo la supervisión estratégica del Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica.

El objetivo final del proyecto es reducir la vulnerabilidad del país ante los impactos del cambio climático y la variabilidad, mediante el desarrollo de capacidades adaptativas y resiliencia, y la integración de la adaptación a la planificación regional y municipal; incluidas las entidades gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil.

El proyecto busca fortalecer la capacidad del país para integrar la adaptación ante el cambio climático en la planificación regional y municipal, por medio de:

- Fortalecimiento de los marcos de planificación actuales a nivel regional y cantonal, reconociendo el papel crucial de las autoridades subnacionales en la adaptación al cambio climático;
- Involucramiento de actores clave en los procesos de planificación e implementación de la adaptación a nivel subnacional;
- Producción de evaluaciones de riesgo cantonal para identificar necesidades de adaptación;
- Desarrollo de capacidades institucionales y técnicas en distintos niveles;
- Desarrollo de mecanismos adecuados para el monitoreo y reporte de avances en adaptación a nivel subnacional

Este proyecto, apoya la implementación de la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) (Decreto Ejecutivo N°41091) y los compromisos internacionales de adaptación del país.

Por un lado, la PNACC, reconoce la importancia de ejecutar acciones, en los ámbitos nacionales y subnacionales, para poder enfrentar los desafíos del cambio climático. De acuerdo con la visión de la PNACC se busca: i) transformar las amenazas en oportunidades; ii) fortalecer las capacidades locales y condiciones de resiliencia social, ambiental y económica; iii) reducir la vulnerabilidad, y iv) prevenir y recuperarse ante los efectos adversos del cambio climático. Además, la PNACC se sustenta en cuatro enfoques: derechos humanos; pueblos indígenas; igualdad de género; adaptación integrada (ecosistema, comunidad y gestión del riesgo. Por último, la PNACC promueve las soluciones basadas en naturaleza, adaptación basada en ecosistemas, adaptación basada en comunidades, y el ordenamiento territorial, como temas sustantivos de la adaptación.

En 2020 Costa Rica actualizó su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC) ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC), en donde una de sus principales áreas de acción es Desarrollo y Ordenamiento Territorial. A través de este instrumento, Costa Rica se comprometió en incorporar criterios de adaptación en los diferentes ámbitos de la planificación de los territorios para reducir la vulnerabilidad y la exposición, tanto de las personas como de los sistemas productivos ante los eventos climáticos intensos actuales y futuros.

Bajo este contexto surge esta consultoría, cuyo objetivo es brindar asistencia técnica a cuatro Municipalidades de la Provincia de Puntarenas, Costa Rica, para la integración efectiva de estrategias de adaptación al cambio climático y variabilidad en sus procesos de planificación del desarrollo local, incluyendo medidas que se deben alinear con una política cantonal para la gestión del riesgo, como parte de sus instrumentos estructurales y no-estructurales.

El diseño de las estrategias de adaptación estará alineado a la visión, enfoques y temas sustantivos de la PNACC y de cada Municipalidad. Así, se contemplarán, entre otras medidas: a) soluciones basadas en naturaleza, adaptación basada en comunidades y que procurarán un manejo adaptativo de los recursos naturales y de la biodiversidad de los cantones y b) medidas preventivas con énfasis en la gestión del riesgo, incluidas las llamadas obras de mitigación (estructurales).

1.2. Antecedentes respecto a territorios resilientes

Para este diagnóstico, se realizó una revisión de diversos instrumentos de planificación y estudios existentes para el cantón de Osa. Los instrumentos de planificación fueron suministrados por la Municipalidad de Osa y comprenden las herramientas típicas con que cuentan los gobiernos locales y que se detallan más adelante.

Aunque hay estudios muy generales, por la extensión que abarca el cantón, en relación con el ordenamiento territorial se cuenta con un Plan Regulador desactualizado, luego de dos intentos de realizarlo, en 2006 y 2008. Actualmente, la municipalidad se encuentra realizando insumos técnicos del diagnóstico territorial, y en la búsqueda de financiamiento para realizar una actualización completa. Se debe indicar que solo cuentan con la documentación parcial sin las bases de datos georreferenciadas. Es importante el apoyo brindado a través del proyecto Plan A en la realización de estudios complementarios en el ámbito local: 1) Análisis social, económico y espacial para el fortalecimiento de capacidades de adaptación al Cambio Climático del Cantón de Osa (Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D., 2021), 2) Propuesta metodológica costo-efectiva para la generación de evaluaciones de riesgo ante impactos relacionados a la variabilidad y el cambio climático (UCR, PNUD, 2021).

En el análisis socioeconómico, se incluyó la realización de los mapas del Atlas Cartográfico del Plan Regulador elaborados en 2021, de acuerdo con los lineamientos del Manual de Planes Reguladores de INVU: mapa base de planificación, los mapas temáticos sociales y los mapas temáticos económicos. Además, se realizó el diagnóstico del eje social completo, así como el diagnóstico del eje económico completo actualizado al 2021, de acuerdo con los lineamientos del Manual de Planes Reguladores de INVU.

Como se indicó en el cantón se han realizado diferentes estudios relevantes; sin embargo, la mayoría de la información generada no existe en forma digital. Este es el caso del Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS-UCR), que realizó 2 intentos de elaboración de planes reguladores pero no se cuenta con las bases georreferenciadas.

1.3. Alcance de la consultoría

El alcance está dado por los términos de referencia y la Guía para la planificación de la adaptación ante el cambio climático desde el ámbito cantonal (DCC- MINAE -Plan - A, 2020), que presenta propuesta de estructura y esquema general de planificación, cuyo fin es lograr la identificación de las necesidades y oportunidades de adaptación al cambio climático, así como la promoción e integración de las medidas de adaptación en los instrumentos de planificación territorial y estratégica, lo que conlleva a la unificación y priorización de las medidas por parte de los actores locales.

En línea con la PNACC, se deben determinar las oportunidades para el establecimiento de soluciones basadas en naturaleza, servicios públicos, infraestructura, y economías resilientes.

Para lograr este producto, que es un insumo fundamental para los siguientes productos de la consultoría, y de acuerdo con los Términos de Referencia, se debe contar con un **perfil local**, que incluya:

- Síntesis de los instrumentos vigentes para la planificación del cantón, incluida la visión, objetivos principales y ejes estratégicos para el desarrollo local.
- Síntesis de la información socioeconómica, ambiental y territorial disponibles para el cantón, y preparación de un modelo espacial aproximado de la exposición.

Igualmente, se elabora un **perfil climático**[1] a partir de la información disponible de la evaluación de "riesgo" derivado de las amenazas hidrometeorológicas y climáticas del cantón, donde se hace énfasis en:

- Principales amenazas e impactos hidrometeorológicos que afectan o afectarán al cantón, en la actualidad y el futuro;
- Factores de exposición a las amenazas hidrometeorológicas y climáticas identificadas;
- Condiciones de vulnerabilidad prevalentes en el cantón, incluida la información sobre los sistemas y sectores más sensibles, así como las capacidades de adaptación existentes;
- Efectos e impactos derivados de las amenazas hidrometeorológicas y climáticas identificadas en el cantón. Esta información se completará con los datos adicionales recopilados y aportados por los actores locales.

Así mismo, para los siguientes productos de la consultoría, se incluirá un mapeo de necesidades y oportunidades de adaptación al cambio climático a partir del perfil climático y del perfil local, del cantón. Además, la Municipalidad de Osa brindó información a través de la Caja de Herramientas que acompaña la Guía de planificación para la adaptación al cambio climático (DCC- MINAE -Plan - A, 2020), como orientación para la recopilación de información cantonal.

[1] Siguiendo la propuesta de Plan - A, expresada en los términos de referencia de la consultoría se consioderaron los insumos de los informes socioeconómico (Quesada Thompson, G.T., et al, 2021) y la propuesta metodológica costo-efectiva para la generación de evaluaciones de riesgo ante impactos relacionados a la variabilidad y el cambio climático. CONT-2020-010 ATLAS 312. PNUD UCR (2021)

- En línea con la PNACC, se consideran oportunidades para la implementación de soluciones basadas en naturaleza, servicios públicos e infraestructura resiliente, y una economía resiliente.
- Además, se identifican oportunidades de puntos de entrada y arreglos institucionales, que permitan la promoción y la integración de medidas de adaptación en los instrumentos de planificación territorial y estratégica.

1.4. Objetivos

Los objetivos de este diagnóstico son:

- Elaborar un perfil climático y el perfil local, basado en la Gestión del Riesgo, con énfasis en la planificación local.
- Determinar las necesidades y oportunidades, para la gestión del riesgo, con énfasis en la adaptación al cambio climático del cantón.
- Valorar las oportunidades para la implantación de soluciones basadas en la naturaleza, los servicios públicos, infraestructura y economía resilientes.
- Identificar las oportunidades para actuar en áreas de impacto actual y futuras y los arreglos institucionales, que permitan la promoción e integración de medidas de adaptación en los instrumentos de planificación territorial y estratégica.

2. Metodología

La metodología se basa en la continuidad de las actividades y avances de Plan - A, partiendo de: a) Insumos para el diagnóstico territorial (social y económico) Quesada Thompson, G.T., et al. (2021), b) Panel de control con información e indicadores de capacidad adaptativa, c) Mapas y evaluaciones de riesgo climático UCR (2021), por lo que la metodología propuesta debe considerar la información de los estudios previos, esto de acuerdo con los términos de referencia, por lo que la misma en un inicio siguió los pasos y actividades de los avances anteriores.

2.1 Perfil Climático

Respecto al perfil local, se revisó la información documental existente y accesibles, suministrada por instituciones gubernamentales, el proyecto Plan A y por la municipalidad. Se amplió la información a partir de una entrevista informal *in situ* dirigida al personal municipal, así como la revisión de los documentos disponibles.

Para definir el perfil climático del cantón de Osa se siguieron los pasos siguientes, a los se les hace consideraciones y análisis de supuestos:

1. Revisión a detalle de la información suministrada, en particular el estudio de riesgo climático (UCR, (2021) y de bases de datos de escenarios suministrados.
2. Amenazas consideradas
3. Situaciones de exposición/vulnerabilidad
4. Consideraciones de los impactos y análisis de riesgos
5. Formulación de modelo alternativo

2.1.1 Revisión de la información

*Consideraciones***.** La información climatológica a la que se tuvo acceso como parte del estudio de la UCR (2021), fue información anual. Esto es, no se contó con información climatológica con variables como precipitación promedio, máxima y mínima mensuales, e igual para temperaturas, radiación solar, evaporación, humedad relativa, viento (magnitud y dirección), entre otras. Un análisis futuro más detallado deberá considerar esta información, como información de eventos de tormentas máximos y mínimos , tanto para definir la línea base como el modelado de los escenarios futuros.

El estudio de la UCR (2021) presenta mapas de percentiles y los define como "percentil P90 o de extremos húmedos de todos los días lluviosos del año y P10 de los días lluviosos (considerados cuando la lluvia diaria es mayor a 1 mm) de la parte época lluviosa (de abril a noviembre) para considerar sequías de escalas de tiempo cortas, para la lluvia máxima y mínima, definidos estadísticamente, para el periodo base actual de 20 años". El mismo estudio define estos parámetros para escenarios de cambio climático: escenarios de concentraciones RCP2.6 (escenario optimista) y RCP8.5 (escenario pesimista) para el 2030 (periodo 2015-2039) y 2050 (periodo 2040 -2069). Esto es, dado que el periodo actual es de 20 años los periodos de los escenarios también representan 20 años y se les denomina con 2030 y 2050 como la mitad de ambos periodos considerado.

Análisis de supuestos. Los supuestos derivados del estudio UCR (2021), es que el índice estimado P90 representa la condición de lluvia máxima o extrema en el territorio, y de igual forma el P10 la lluvia mínima o de sequedad, con la adición de un índice de aridez.

2.1.2 Amenazas consideradas

También proveniente de las bases de datos georreferenciada del estudio UCR (2021), se contó con información de amenazas de la CNE[2], que corresponde a eventos registrados históricamente de inundaciones, flujos de lodos, deslizamiento y coronas de deslizamientos, fallas y otras, aunque acá interesan las relacionadas con la climatología. También se cuenta con información de la amenaza costera en forma espacial. Además, se suministró información sobre amenazas por el P90 y P10 actual y futuro.

Las amenazas se llevaron a nivel de UGM, tanto para la condición de lluvia máxima P90 como para la condición de lluvia mínima P10.

Consideraciones. La amenaza climática es un factor puramente climático que corresponde a índices que identifican los eventos extremos del clima, Retana *et.al.* (2012), citados por la UCR, (2021); por lo que se indica en este estudio que el riesgo lo calcularon en las condiciones límites o extremas que pueden causar efectos negativos o positivos en una población.

Análisis de supuestos. El presente estudio considera que aún debe profundizarse en los análisis para determinar las relaciones directas entre los eventos finales y este indicador. A partir de los análisis realizados y los indicadores seleccionados, no es posible establecer relaciones directas que determinen una inundación o un deslizamiento.

[2]Información disponible en el SNIT

2.1.3 Situaciones de exposición / vulnerabilidad

Quesada Thompson, G.T., *et. al.* (2021) procesó información disponible del INEC[3], tanto a nivel de cantón y distrito como de UGM, definiendo indicadores socioeconómicos. Así, ese estudio define la vulnerabilidad socioeconómica con base en las UGM; sin embargo, ambos estudios, comentan los indicadores a los limites cantonales y distritales.

La vulnerabilidad fue definida por UCR (2021) utilizando los criterios resumidos a continuación, normalizados (dependiendo de si la variable aporta vulnerabilidad (relación directa indicada) o si reduce la vulnerabilidad (relación inversa), que aplica a una UGM (máximos y mínimos corresponden a la UGM del cantón el valor máximo o mínimo de cada variable):

1. El valor asignado de UGM directamente según censo de 2011, de las variables: porcentaje asistencia a la educación regular (secundaria), población infantil, población adulta mayor, población desempleada, población con limitaciones físicas o mentales, necesidades básicas insatisfechas, proveniencia de agua potable: promedio ponderado de viviendas, según cantidad de viviendas que reciben agua de proveedor institucional (factor 0,06), comunal (factor 0,03) o no regulado (factor 0,01).
2. En forma inversa Área Silvestres Protegidas (ASP), porcentaje de área que está dentro del área silvestre protegida, por UGM.
3. En forma inversa Servicios Ecosistémicos (SE), porcentaje de área que está cubierta por SES identificados por CENIGA, por UGM.
4. En forma inversa: caminos y Carreteras, Kilómetro del total del área del distrito, por distrito, según mapa de calles 1:5000 del SNIT, valor llevado al UGM.
5. Pérdidas económicas por eventos hidrometeorológicos (colones). MIDEPLAN, por distrito. Se asigna el mismo peso a cada distrito.

La información de las UGM se le podría denominar de "vulnerabilidad socioeconómica[4]"; dado las limitantes de la información económica expresada por UGM (UCR, 2021).

Para este estudio, se retoman los detalles a nivel de UGM, porque es la unidad censal espacial que refleja un análisis local, limitados por la población censada distribuida en forma espacial, como se detalla más adelante.

Consideraciones. La estimación de la vulnerabilidad es adecuada cuando la densidad de la población censada es alta por UGM, cuando la densidad es baja no es representativa de la realidad local.

Análisis de supuestos. Un solo valor de densidad vial, de ASP y de SE, modifica la unidad completa. Entonces, se propone una corrección considerando elementos de la infraestructura (viviendas y red vial), que se sobrepongan y modifiquen el límite de la UGM, produciendo nuevas unidades espaciales. Esto es una diferencia metodológica importante que aporta este estudio, pues en el estudio UCR (2021), se lleva el valor de la variable y modifica a la UGM.

Se espera que la información aquí descrita sea útil para el Plan Regulador y para las estrategias locales de desarrollo resiliente al clima.

[3] No se pudo acceder a la información base del INEC, sino ya estandarizada.

[4] La vulnerabilidad global puede ser entendida como la interacción de una serie de factores y características **que** dan como resultado la incapacidad de una comunidad para responder adecuadamente a una situación de riesgo está compuesta por 11 dimensiones: natural, física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica, institucional. (Chaux, W., 1993).

2.1.4 Consideraciones de los impactos y análisis de riesgos

La propuesta del estudio de riesgo es aplicar la formula R= f (A, V) = A * V, donde R=riesgo, A= amenaza, expresada en rango estándar y V es la vulnerabilidad igualmente expresas en el mismo rango estándar. Esto se ha utilizado en estudios de riesgo basados en indicadores.

Consideraciones. La obtención del riesgo para el extremo húmedo actual se validó contra las amenazas históricas de la CNE, con uso de Google Earth, y con consulta al personal de municipalidad, para el caso del extremo seco, se validó con 20 años de registros diarios de puntos de calor de CONABIO, y con consulta al personal de la municipalidad. Esto condujo a detectar inconsistencia y a dudar por qué no se reflejaba en las amenazas conocidas.

Análisis de supuestos. El considerar el P90 o el P10 como las amenazas climáticas por humedad extrema o por sequia extrema respectivamente, es una hipótesis no probada y aún debe profundizarse en las relaciones entre estos y las amenazas climatológicas e impactos en el territorio.

Lo anterior conlleva a replantear el modelo para poder describir los impactos en el territorio.

2.1.5 Formulación del modelo alternativo

La metodología planteada se basa en un índice de exposición IE= F (A, IVse), donde A es la amenaza en sitio (inundación, flujo de lodo, incendio forestal, otra) y el IVse es un indicador de vulnerabilidad socioeconómica

Consideraciones. Es necesario reforzar y enmendar algunos de los insumos básicos disponibles y, para ello, se proponen los puntos siguientes:

- La información y datos sociodemográficos y socioeconómicos, por Unidad Geoestadística Mínima (UGM), puede complementarse, sobre todo en el aspecto económico. Debe tomarse en cuenta que este último fue el producto de la estandarización de las variables escogidas por los responsables del estudio, para un conjunto de 20 cantones incluidos en el estudio de base, y del que no se cuenta con los datos originales del INEC, 2011.
- Debe quedar claro que la información de las UGM no constituye un análisis de la vulnerabilidad; este se considera un análisis que permite aproximarse a la exposición social económica y al que se le podría denominar de "índice de vulnerabilidad socioeconómica".
- Se espera que este estudio puede crear información útil para el plan regulador y para las estrategias locales. Por esta razón, la información por cantón o distrito no es útil para modificar la UGM.
- El propósito del estudio es el de ser base para la propuesta de medidas de adaptación basadas en la naturaleza y para la gestión del riesgo en las áreas impactadas.

Supuestos de información que sustenta la propuesta. La propuesta parte del supuesto de la existencia y acceso a la información existente generada para el cantón:

- Uso/cobertura de la tierra, el cual debe actualizarse.
- Análisis de los suelos, incluida su taxonomía. En el caso del cantón de Osa se cuenta con un mapa apropiado para este análisis realizado por ICE (2010).
- Información de las amenazas naturales de la CNE, actualizada (representación esquemática preliminar de un sitio donde hay evidencia de eventos hidrometeorológicos

y climáticos destructivos, que en sentido estricto no representan a las amenazas); se puede estandarizar en 5 rangos, con escenarios de profundidades de inundación.

- Se considera que el IVse, es para la sociedad, en un intento por considerar el uso de la tierra, se incorpora la erosión laminar por medio de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) y el análisis de conflictos del uso de la tierra.
- Será modelada la amenaza de la inestabilidad de laderas mediante la metodología de Mora y Vahrson, no así las inundaciones que requieren de un análisis probabilístico de tormentas, para diferentes periodos de recurrencia.
- Serán tomadas en cuenta las amenazas costeras según Lizano, O. (2014.), para los cantones que corresponda. Igualmente, será considerada la amenaza de los incendios forestales.
- Se construirá un índice de amenaza (IA) sin integrarlas pues lo conveniente es tratar cada amenaza en forma individual para revisar su exposición,
- Del estudio de la UCR (2021), se utiliza la información relacionada con las UGM, que sea considerada de utilidad para estandarizar y desarrollar un indicador de vulnerabilidad socioeconómico y sus rangos respectivos.
- Dado que se cuenta con indicadores de las condiciones climáticas extremas actuales y de las proyecciones derivadas de los escenarios de trayectoria de concentración representativa (RCP, por sus siglas en inglés), el supuesto es que, para el P90 se tiene un IA que produce un Índice de Exposición por amenaza e integrado. Se puede revisar que sucedería en el futuro al considerar la diferencia de los escenarios, de manera similar para la lluvia mínima (P10).
- Es importante señalar que este modelo es limitado. El análisis con una climatología mensual permitiría elaborar variables bioclimáticas y de indicadores de los principales cultivos, así como una modelación probabilística de las inundaciones, de la inestabilidad de laderas, de la erosión y de otras amenazas, tanto para el escenario actual como para los escenarios futuros considerados. Esto proporcionaría información sobre los adelantos u atrasos en la lluvia que afectan a los cultivos (estudio agrometeorológico del CGA), los ecosistemas y a la sociedad y sus medios de vida.
- El alcance de la vulnerabilidad es muy limitado si se toma en cuenta el concepto de vulnerabilidad global, que está compuesta por el aporte de once dimensiones de vulnerabilidad: natural, física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica, institucional. (Chaux, W, 1993). Sin embargo, el modelo propuesto introduce mejoras en la dimensión natural. Las otras dimensiones deben incorporase en un futuro si los investigadores lo consideran conveniente, para lo cual deberá desarrollarse esta información en forma espacial.

De esta forma, la Figura 1 esquematiza una propuesta como la nueva formulación para obtener indicadores de exposición que permitan definir algunas medidas de adaptación y provean las áreas donde se debe actuar, por supuesto, se requiere del conocimiento local por mejorar este producto y como parte de esta metodología se propuso la realización de talleres a nivel distrital, lo que forma parte de un siguiente producto. Para interpretar el esquema, se recomienda revisar el glosario en el Anexo 1.

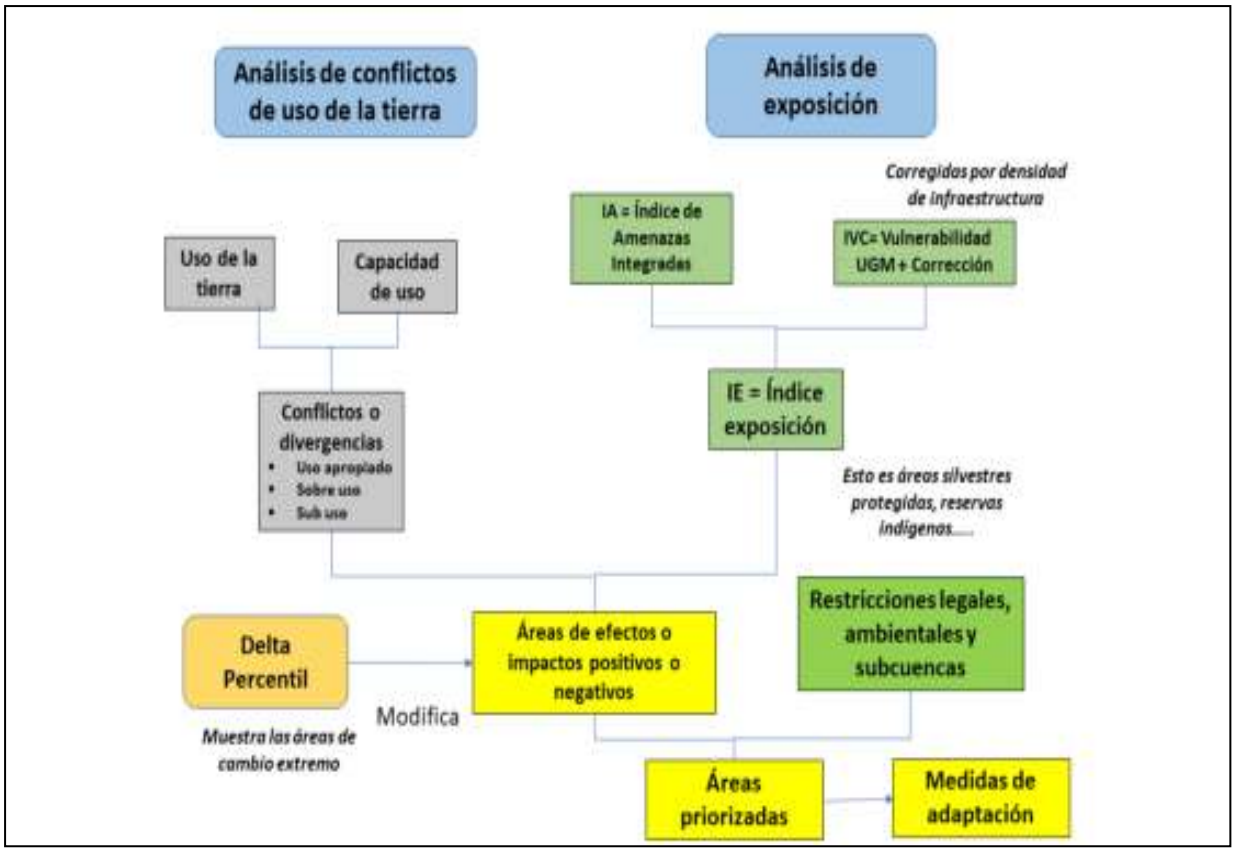


Figura 1. Esquema metodológico propuesto para el desarrollo del análisis de los conflictos en el uso de la tierra y de la exposición ante las amenazas relacionadas con los procesos de origen hidrometeorológico y de la geodinámica externa.

2.2 Explicación de la metodología

En este apartado se introduce la metodología, siguiendo la Figura 1 anterior.

2.2.1. Índice de exposición

Se propone diseñar y aplicar un "índice de exposición", el cual tomará en cuenta las amenazas integradas y/o combinadas y un índice de vulnerabilidad basado en indicadores ya escogidos por el estudio de la UCR (2021). La expresión que será utilizada será:

$$\sum IEi \ = \sum_{j=1}^{m} IAj * \text{ISeUGMi}, \textit{ para cada UGM,}$$

… en donde

IEi = índice de exposición; el cual se definirá en rangos de 5 niveles

IAj = índice de amenazas integradas o multi-amenaza, de j=1,…, m

ISeUGMi=índice socioeconómico por UGM, de i = 1,…, n segmentos en el cantón

2.2.2 Índice de Vulnerabilidad (IV)

El índice de vulnerabilidad se tomará del estudio de la UCR (2021) y se expresará como un índice socioeconómico por UGM. Se parte del hecho que refleja condiciones de pobreza, falta de servicios, niveles de ingresos y propias de la composición etaria.

2.2.3 Amenaza integrada

Con objeto de tomar en cuenta todas las amenazas en forma combinada, se procederá a construir un índice. Utilizando el concepto de la fórmula general de los modelos de aptitud (Srinivas E. Et al, 1994), expresada por Saborío, J., ICE, 2002, como:

$$IA = \left(\sum_{i=1}^{n} wi * Amenazai\right) * \left(\prod_{j=1}^{m} Amenazaj\right)$$

Donde:

IA = índice compuesto de amenaza

Wi = peso para la amenaza i, en este caso Wi = 1

Se consideró un peso igual para cada amenaza, en todos los casos la *(∑ Wi=1)*

$Amenaza_i$ = la amenaza continua i siendo considerada, en este caso i = 1, 2, para amenazas modeladas: a) por inestabilidad de laderas y b) la amenaza por erosión laminar, otra.

$Amenaza_j$ = la amenaza discreta j, siendo considerada, en este caso j = 1..., m, con 1) amenaza por inundación de la CNE, 2) amenaza por deslizamientos por la CNE, 3) flujos de lodos, 4) áreas de inundación por CNE, 5) inundación costera por Lizano, O. (2014), 6) incendios forestales y cualquier otra amenaza que aplique al cantón.

Este índice se realiza por un análisis combinatorio, donde una vez integradas las amenazas, se presente por la variable IA_Integrada, pero a la vez se tiene la posibilidad de responder cual(es) amenaza(s) contribuyen al valor del IA_Integrada.

Nota: la amenaza de la sequía se trata independientemente, considerando el P10 o el Índice de aridez

2.2.4 Uso de la tierra

El análisis del uso de la tierra permite establecer la forma y distribución espacial y valorar los activos y bienes expuestos a las amenazas. Este análisis permitirá determinar los elementos expuestos relevantes a los efectos e impactos respectivos. Igualmente, la determinación de las áreas, bajo conflictos de uso de la tierra, aporta información relevante para la identificación y georreferenciación de las medidas de adaptación que correspondan.

2.2.5 Capacidad de los suelos y divergencias

La taxonomía de los suelos, expresada por clases de capacidad, según le decreto N.º 33957-MINAE-MAG permite, en forma cruzada con los usos de la tierra, determinar las áreas con los conflictos del uso: apropiado, subuso y sobreusos.

ID = índice de divergencias = f (uso, capacidad)

Este índice se realiza por una cruce o producto cartesianos del uso de la tierra y la capacidad, de donde se obtienen las divergencias.

2.2.6 Áreas impactadas

El cruce del índice de exposición con las divergencias produce las áreas impactadas

AI = áreas impactadas = IE * ID

2.2.7 Priorización por microcuenca, subcuenca y por ASP, incluyendo RI

Para los cantones en estudio, se presentarán las áreas impactadas a nivel de cuenca o microcuenca, esto para el territorio municipal. Las áreas especiales contempladas por las ASP que comprendes 14 áreas ambientales frágiles: 1) Parques Nacionales, 2) Refugios Nacionales de Vida Silvestre, 3) Humedales, 4) Reservas Biológicas, 5) Reservas Forestales, 6) Zonas Protectoras, 7) Monumentos Naturales, 8) Cuerpos y cursos de agua naturales superficiales permanentes (espejo de agua), 9) Áreas de protección de cuerpos de agua, cuerpos de agua naturales, y nacientes o manantiales, de acuerdo a la Ley Forestal, 10) Zona marítimo-terrestre, 11) Áreas con cobertura boscosa natural, 12) Áreas de recarga acuífera definidas por las autoridades correspondientes, 13) Áreas donde existen recursos arqueológicos, arquitectónicos, científicos o culturales considerados patrimonio por el Estado en forma oficial, y 14) Áreas consideradas de alta a muy alta susceptibilidad a las amenazas naturales, por parte del CNE. También, se consideran los territorios o reservas indígenas.

2.2.8 Escenarios P10 y P90, y forma de utilizarlos

Los escenarios del cambio climático[5] para el cantón de Osa fueron suministrados por el estudio y geo bases de datos (UCR, 2021). Siguiendo el Quinto Informe IPCC[6], se cuenta con 2 de los 4 escenarios de concentración de emisiones en la atmósfera, denominadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para los años 2030 y 2050, denominados RCP 2.6 con un nivel de forzamiento muy bajo 2,6 W/m^2; este se considera un escenario optimista bajo el cual las emisiones de GEI disminuyen en el tiempo, y, por lo tanto, su concentración en la atmósfera, con lo que se cumpliría la meta de los 2°C al final del siglo. Por su parte, el escenario llamado RCP8.5, tiene un nivel muy alto de emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI, con un forzamiento radiactivo de 8,5W/m^2; este es considerado el escenario base, el cual no considera ninguna medida de mitigación climática específica.

A pesar de que el estudio de la UCR (2021) presenta varios escenarios considerando diversas tendencias, los mismos conducen a mejores situaciones de lluvia, sea máximas representadas por el percentil P90 y mínimas por el percentil P10; los escenarios convergen en sus valores, aunque con variaciones espaciales, como se explicará más adelante.

Por lo anterior, se optó por utilizar el escenario RCP2.6 del IMN, al 2030 con los estadísticos P90 y P10, que representan una escala viable de comparar el clima actual con el escenario mencionado. Esto permitiría establecer medidas de adaptación, teniendo en cuenta el marco de planificación (planes reguladores o planes de desarrollo humano cantonal, estratégicos o POAS) de las municipalidades, que requieren un trabajo en los próximos años (2030) y visión a un medio-largo plazo (2050). Sin embargo, hay que aclarar que aún deben determinarse las relaciones directas entre P90 y las amenazas que se dan en sitio, relacionada con la variabilidad climática (VC) y el calentamiento global antropogénico (CGA), según el análisis realizado de la información suministrada.

Con los extremos se propone obtener un "delta del cambio o diferencia del cambio" de los escenarios para la variable de lluvia extrema y/o de lluvia mínima (sequía o aridez), que según el percentil estará dado:

- Delta máximo = [Lluvia P90_2030 – P90 Lluvia actual], esta diferencia debe dar valores

[5] Los escenarios de cambio climático son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basados en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construyen para ser utilizados de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirven a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. IPCC, 2014.

[6] https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/

positivos y negativos, dependiendo de la extensión del área, que representan un porcentaje de más o de menos. Los resultados indicarían "no variación" cuando están muy próximos a 0; en caso de valores negativos, la lluvia disminuye y si son positivos, la lluvia aumenta.

- Delta mínimo = [Lluvia P10_2030, - P10 Lluvia actual], en forma similar el mínimo. Se prevé que la aridez o "sequía" se confronte por aparte con las divergencias y con el índice de amenazas integrado, en este sentido por opinión de expertos pareciera el P10 es un mejor escenario para representar la aridez meteorológica. Sin embargo, debe aclararse que son estadísticos anuales, y que la sequía se da en época de verano.
- Se crea un mapa de restricciones legales y ambientales, así como subcuencas o microcuencas donde sea factible. Esto para responder acerca del impacto en estas áreas.

2.2.9 Oportunidades y debilidades por la VC y el CGA

Para el escenario actual, este estudio determina las áreas que requieren de atención en dos sentidos:

- Aquellas en condición de uso no apropiado o sobreuso. En ellas, corresponden las medidas AbE, orientadas a un reordenamiento para la recuperación del ambiente y de los recursos naturales, a la protección/conservación del ecosistema, a su vocación forestal, recarga y descarga hidrogeológica, corredores biológicos y a mejorar el manejo y conservación de los suelos,
- Las áreas expuestas a las amenazas, en donde serán aplicadas las medidas de adaptación y prevención estructural y no estructural, para la reducción de la vulnerabilidad, la protección de los activos expuestos, zonificación segura del territorio, medidas de rehabilitación de manglares y de bosque ripario, y la construcción de obras grises, como complemento a las medidas AbE.
- Esto permite realizar una aproximación a la matriz con las medidas que sean consideradas eficaces y factibles desde los puntos de vista social, ambiental, técnico y económico, valoradas en los ámbitos de cada localidad.
- Lo anterior aplica al escenario actual, y con los cambios en los indicadores de lluvia P90 y P10, se puede valorar preliminarmente el futuro.

2.2.10 Similitudes y diferencia de enfoques respecto al estudio (UCR, 2021).

Índice de vulnerabilidad (IV) por unidades geoestadísticas mínimas (UGM). Se mantiene el enfoque de priorizar cada cantón por UGM, respecto a las variables utilizadas para estimar el índice de vulnerabilidad. Para comprender mejor la vulnerabilidad es necesario expresar los resultados en 5 clases, del 1 al 5, para representar los valores de los rangos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Índice de multi-amenaza (IA). Al realizar el análisis por amenazas y no incluirla en la UGM, se rescata la amenaza histórica local, a escala 1:50 000, de la CNE. Esto puede ser mejorado, cartográficamente, por medio de un modelo de elevación del terreno, escala 1:5 000 (IGN-RN, 2017). En estudios futuros, se pueden considerar otras amenazas a las cuales está expuesto el cantón, con lo que se obtendría la representación espacial de las amenazas, en un rango de clases similar de 1 a 5.

Índice de exposición (IE). Como paso antecesor a un cálculo del riesgo, se propone el establecimiento de un índice de exposición, derivado de una relación entre el índice de vulnerabilidad y el índice de multiamenaza. Esto, aunque guarda similitud con el enfoque de la UCR (2021), produce una representación más realista de la forma espacial con la que sea representada la exposición independiente de la UGM. Alternativamente, se calcula una multi-exposición, producto de considerar cómo afecta cada amenaza el territorio, donde actúa.

Divergencias o conflictos por el uso de la tierra (DUT). Se propone elaborar el uso de la tierra y la taxonomía de suelos, para obtener las divergencias, esto es las áreas con sobreuso o sobreexplotadas, las áreas subutilizadas, y las áreas con uso conforme. De esta forma las medidas de adaptación se enfocarán en la protección y recuperación de las áreas con sobreuso y en propiciar el uso de las áreas subutilizadas con sistemas de conservación de suelos.

Áreas de efecto o impacto. Las DUT combinada con el IE, producen áreas de impacto, que al cruzarse sea con las áreas protegidas, territorios indígenas, y subcuencas y/o microcuencas hidrográficas, permitirán priorizar las acciones. Cabe señalar que las áreas de impacto, al ser cruzadas con el uso de la tierra, permitirían una estimación preliminar de las pérdidas y/o ganancias de este efecto o impacto.

Cambios en el clima, delta percentiles. Aunque se ha indicado que no hay una correlación directa entre los escenarios basados en percentiles y las posibles amenazas de inundación, inestabilidad de laderas y otras, asociadas a los mismos, y en el supuesto de que el P90 represente la situación actual y el escenario más crítico, por el P90_85(al 2050), el delta lluvia establecido por la diferencia entre el P90_85A y el P90, permitiría verificar si procede la revisión y/o modificación de las áreas de impacto.

De la misma manera, habría que considerar la situación del P10 y de la evolución de la exposición socioeconómica. Este ejercicio implicaría también que, según el caso, algunas amenazas podrían aumentar o disminuir con respecto a la situación histórica y actual. Por lo tanto: menos lluvia implicaría menor erosión e inestabilidad de ladera, aunque más sequía y más lluvias implicarían mayores inundaciones, erosión, e inestabilidad de laderas, pero implicarían mayor productividad agropecuaria.

3. Perfil local

Aunque en el cantón se han realizado diversos estudios, la información digital es escasa, dado que muchos de los estudios no cuentan con sus bases de datos, o sólo parcialmente. Al no contar con información de Índice de Fragilidad Ambiental (IFAs) o de los Planes Reguladores, no se tienen las variables que componen esee estudio. Se ha logrado recopilar información que sirve para caracterizar el perfil local del cantón de Osa.

3.1 Localización geográfica del cantón de Osa

En la Figura 2 se incluye el área de análisis que corresponde al cantón de Osa, sus coordenadas geográficas medias están dadas por 08°53'38" latitud norte y 83°30'51" longitud oeste.

Es el cantón número 5 de la provincia de Puntarenas, se ubica en la costa del océano Pacífico, al sureste del país, en la Región Brunca. Posee una superficie de 1,930.24 km², lo que lo hace el sexto cantón de mayor área del país y el segundo más extenso de la provincia de Puntarenas. Limita al **Norte** con los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires, al **Sureste** con el cantón de Golfito y el golfo Dulce, y al **Oeste** con el océano Pacífico. Su fundación data del 26 de junio de 1914. Se encuentra dividido en 6 distritos: 1. Puerto Cortés (cabecera), 2-Palmar, 3-Sierpe, 4- Piedras Blancas, 5- Bahía Ballena y 6- Bahía Drake. Su cabecera está creciendo rápidamente en población, comercio e infraestructura urbana en su sector noroeste en las inmediaciones de la carretera costanera. La cabecera del cantón se ubica a una altura media de 6 metros; Palmar Norte: a 26 metros; Sierpe: 8 Metros; Bahía Ballena (Uvita): a 12 metros; Piedras Blancas a 30 metros.

Figura 2. Cantón de Osa, distritos y reservas indígenas

El distrito Palmar contiene parcialmente las reservas indígenas Brunka de Boruca y Brunka de Curré o de Rey Curré, y el distrito de Bahía Drake a la reserva indígena Guaymí de Osa.

De acuerdo con el Censo Nacional del 2011, la población del cantón era de 29.433 habitantes, de los cuales, el 4,1% nació en el extranjero. El mismo censo destaca que había 8.904 viviendas ocupadas, de las cuales, el 43,2% se encontraba en buen estado y había problemas de hacinamiento en el 6,3% de las viviendas. El 38,0% de sus habitantes vivían en áreas urbanas.

Entre otros datos, el nivel de alfabetismo del cantón es del 95,3%, con una escolaridad promedio de 6,8 años.

Su economía está basada en el turismo, la agroindustria y el comercio. Por Palmar Norte pasan vías como la Carretera Interamericana que conecta Osa hacia el sur con Golfito, Corredores y Paso Canoas (frontera entre Panamá y Costa Rica), y hacia el norte con Buenos Aires de Puntarenas También pasa la importante ruta 34, conocida como Carretera Costanera, que comunica con San Isidro del General y la capital del país San José.

3.2 Cuencas hidrográficas en el cantón de Osa

El cantón de Osa posee una red fluvial bien definida, la misma cuenta con un grupo de ríos y quebradas que se pueden considerar el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón, dicha red de drenaje está compuesta principalmente por los ríos: Grande de Térraba, Sierpe, Balzar, Coronado, Uvita, Higuerón, Cañablancal, Carmonal, Chowaco y las quebradas Azul, Zapatero y Cuachí. En la Figura 3 se presentan las subcuencas principales que comprenden el territorio del cantón de Osa.

Figura 3. Cantón de Osa y sistema de drenaje por subcuencas

En la Figura 4 se presentan las quebradas en el territorio del cantón de Osa.

Figura 4. Cantón de Osa y sistema de drenaje por quebradas

Fuente: Elaboración propia con base en SNIT, 2017

3.3. Climatología - variables climáticas

La descripción de las variables climáticas en el área de interés incluye: a) precipitación, a) temperatura, b) humedad relativa, c) evaporación, d) viento, se ha recopilado de diferentes informes o bases de datos del ICE, del IMN y del ITCR.

3.3.1 Precipitación promedio anual

Para determinar la precipitación promedio en el área se analizaron los registros de 38 estaciones de lluvia operando actualmente (CNE, 2013). En el Cuadro 1 se presentan las características de las estaciones analizadas.

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas usados para el trazo de las Isoyetas

NÚMERO	ESTACIÓN	TIPO	LATITUD NORTE		LONGITUD OESTE		ELEVACIÓN (m) (m.s.n.m)	DATOS DESDE
			GRADOS	MINUTOS	GRADOS	MINUTOS		
73033	Villa Mills	PG	9	34	83	43	3	Ene-42
94008	Los Ángeles	PG	9	29	83	48	1,1	mar-81
94012	Fila Savegre	PG	9	26	83	49	1,28	Set-80
98002	Palmar Sur	A	8	57	83	28	16	jul-73
98004	San Isidro de El General	PV	9	22	83	42	703	Ene-37
98006	Volcán Buenos Aires	B	9	13	83	27	418	Ene-69
98007	San Vito	B	8	50	82	59	890	25020
98009	Repunta	PV	9	18	83	39	580	Ene-62
98010	Cedral	B	9	22	83	33	1,7	Dic-68
98011	Bolivia	B	9	11	83	38	740	Dic-68
98012	Potrero Grande	B	9	1	83	11	183	Dic-68
98013	Río Negro	PG	8	53	82	52	955	Abr-69
98015	Bolas	PV	9	7	83	13	500	25324
98017	San Martín	PV	9	8	83	30	660	may-69
98018	Ujarrás	PG	9	14	83	18	525	25355
98019	Achiote	PV	9	14	83	22	420	may-69
98020	Chimirol	PV	9	26	83	38	1	25324
98021	Río Blanco	PV	9	31	83	37	1,5	may-69
98022	La Piñera	B	9	11	83	20	350	Ene-70
98023	Cristo Rey	PV	9	15	83	37	495	may-70
98031	Buena Vista	PG	9	40	83	40	1,31	Ago-72
98032	Alto San Juan	PG	9	20	83	44	1,04	Ago-72
98033	San Jerónimo	PG	9	21	83	30	1,14	Ago-72
98034	Tablas	PG	8	56	83	7	360	Ago-72
98035	Limoncito	PG	8	51	83	0	820	Ago-72
98036	Maíz de Boruca	PG	9	1	83	25	520	sep-72
98037	Cajón de Boruca	B	8	57	83	20	80	Set-72
98038	Alto de La Escuadra	PV	9	O3	83	30	825	mar-73
98039	Boruca	PV	9	0	83	20	570	26724
98040	División	PV	9	31	83	43	2,26	mar-73
98041	Alaska	PV	9	32	83	40	2	26724
98043	Mellizas	PG	8	53	82	47	1,42	mar-74
98044	Las Alturas	B	8	56	82	50	1,34	Abr-74
98050	Fila Tigre	PV	8	56	82	55	1,13	Abr-74
98051	Helechales	PG	9	5	83	5	1,03	27150
98057	Térraba	B	9	4	83	17	360	oct-74
98058	Aguas Buenas	PV	9	13	83	41	1,18	Abr-75
98059	Linda	PV	9	22	83	39	700	Abr-75
98060	Río Nuevo	PG	9	25	83	48	1,04	Abr-75
98061	San Ramón Norte	PV	9	26	83	43	1,16	Abr-75
98066	San Isidro de Bioley	PG	9	0	83	0	1,05	Set-96
98068	Las Delicias	PG	9	9	83	10	990	oct-96

Fuente. CNE, 2013

Con los valores de la lluvia promedio anual en cada una de las estaciones el ICE en su informe hidrológico de 2005, se trazaron las curvas Isoyetas en el cantón de Osa con un intervalo de 400 mm. En la Figura 5 se presenta la precipitación promedio anual del cantón de Osa. Se incluyen todas las estaciones con que cuenta el ICE, en particular las automáticas que sirven de apoyo a muchas de las variables comentadas en este estudio. La precipitación varía de 1729 mm a 5707 mm, con un núcleo máximo en la parte NW S y SE del cantón en azul rodeado de tonos verdes y una media para el cantón de 4163 mm, en la parte W del cantón se tiene la más baja precipitación en el rango de 1729 a 2200 mm. La comparación con el P90 no se realiza por cuanto los periodos y las estaciones son diferentes; sin embargo, en el P90 la máxima precipitación se ubica hacia abajo del núcleo azul y abarca la zona de mínima precipitación.

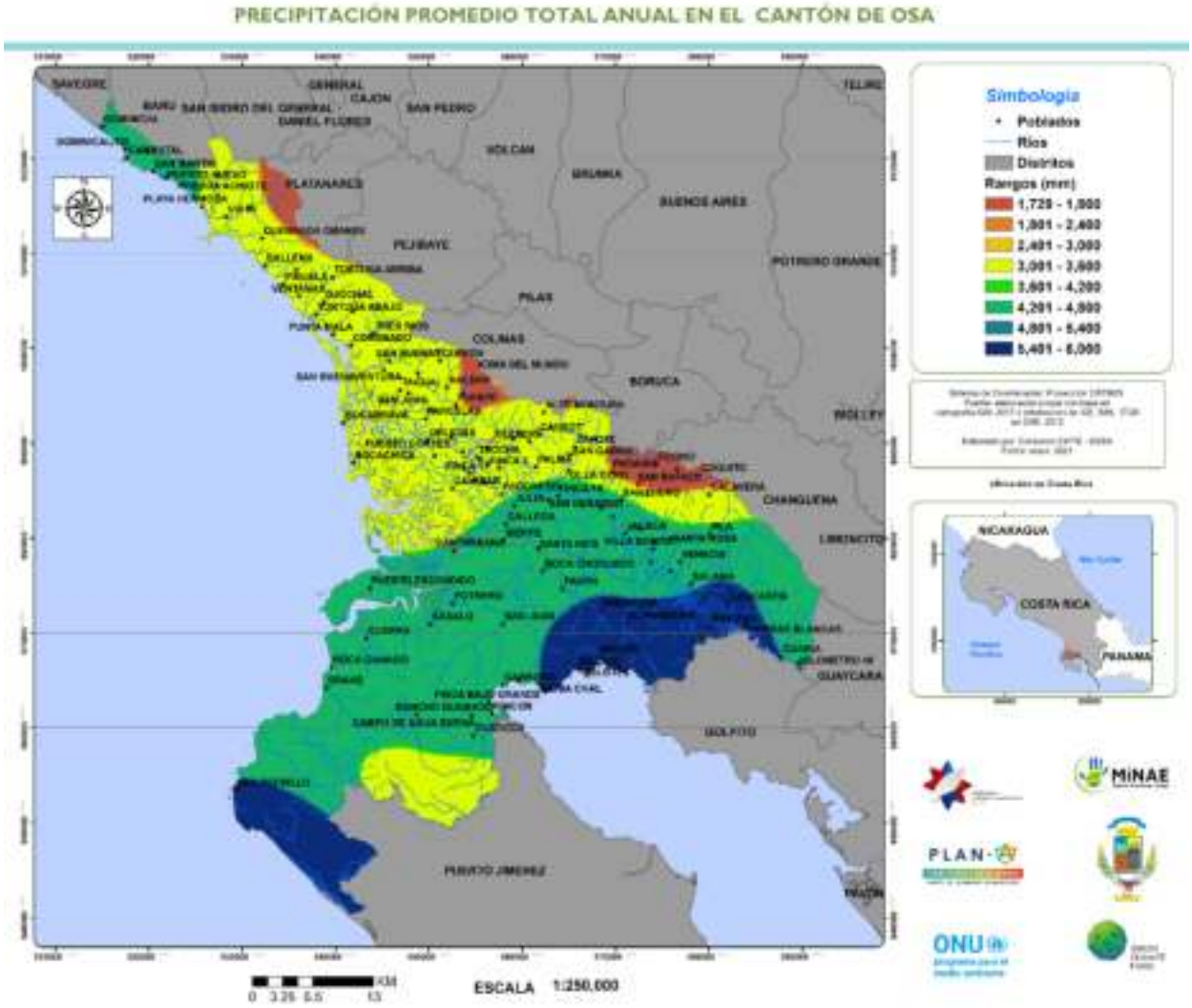


Figura 5. Precipitación promedio total anual en el cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

3.3.2 Temperatura

La descripción de la temperatura incluye: los valores promedio mensuales. En el Cuadro 2 se presentan las temperaturas promedio mensuales, se observa que en el área las temperaturas promedio mensuales varían entre 27,2 ºC (Estación Climatológica Cajón de Boruca № 98037) y 19,1 ºC (Estación Cedral).

Cuadro 2. Temperaturas promedio mensuales

Número	Estación	Elevación (msnm)	Temperatura promedio (°C)	Periodo	Origen
73080	Cerro La Muerte	3,475.00	8.10	71-01	ICE
73089	Tapantí	1,921.00	15.90	78-97	ICE
88023	Copey de Dota	1,880.00	17.30	91-00	ICE
92004	Naranjillo	780.00	22.20	92-09	ICE
98006	Volcán Buenos Aires	418.00	24.80	79-99	ICE
98007	San Vito de Java	890.00	21.40	69-99	ICE
98010	Cedral (AUT)	1,700.00	19.10	SD	ICE
98011	Bolivia (AUT)	740.00	22.80	SD	ICE
98012	Potrero Grande	183.00	26.70	69-99	ICE
98027	Pindeco	397.00	25.70	98-02	IMN
98037	Cajón de Boruca (AUT)	80.00	27.20	77-99	ICE
98044	Las Alturas (AUT)	1,340.00	19.40	SD	ICE
98056	Volcán	381.00	25.60	98-02	IMN
98057	Térraba (AUT)	360.00	25.70	SD	ICE
100024	Río Claro	56.00	26.80	98-02	IMN
100035	Coto 47	8.00	26.60	98-02	IMN

Fuente: ICE, 2009; IMN, 2010

Notas (períodos de Registro)

(1) Enero de 1979 a abril de1999, el año 85 no se incluyó
(2) Enero de 1969 a abril de 1999, no se incluyeron los años 73 81 84 Y 86
(3) Enero de 1971 a abril de 1999, no se incluyeron los años 72 Y 73
(4) Enero de 1969 a abril de 1999, no se incluyeron los años 74 Y 92
(5) Enero de 1969 a abril de 1999, no se incluyeron los años 83, 84 Y 86
(6) Enero de 1977 a mayo de 1999
(7) Mayo de 1983 a marzo de 1999, no se incluyó el año 1986
(8) Setiembre de 1977 a abril de 1999

A partir de los registros de temperatura media de las estaciones que se encuentran en el área de interés se construyeron las líneas isotermas del año promedio, que se presentan en la Figura 6. Se realizó la extrapolación de las isotermas hacia los sectores de la cuenca donde no existe información utilizando gradiente constante. La temperatura promedio varía de 20,03 °C a 27,28°C con una media de 25.37 °C. Los rangos de mayor temperatura se dan en café obscuro y se ubican, en las partes E del cantón hacia Golfo Dulce.

.

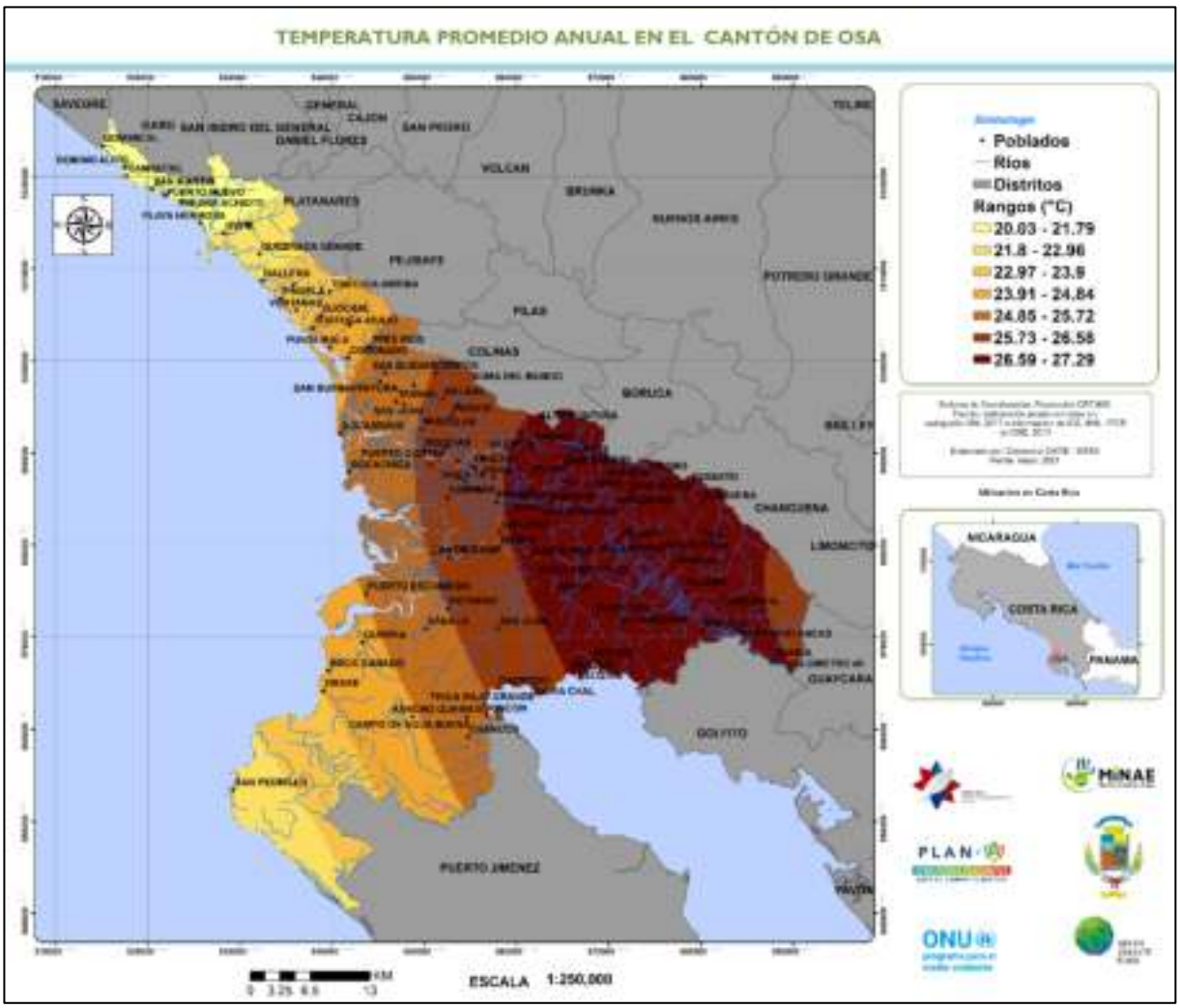
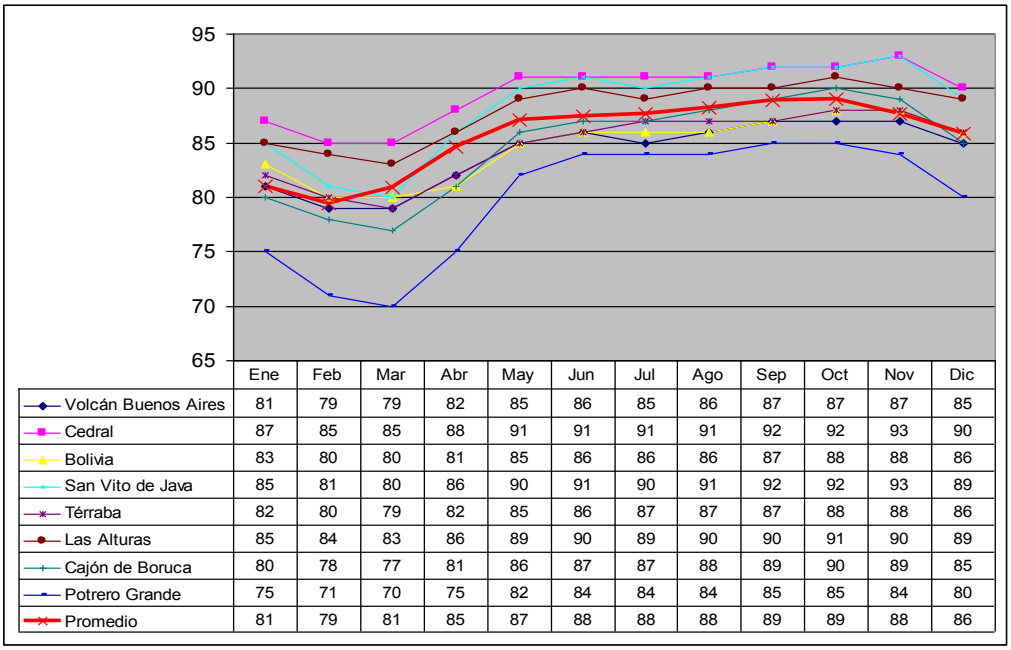


Figura 6. Temperatura promedio anual en cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

3.3.3 Humedad relativa

La humedad relativa es alta, con valores promedio anuales superior o iguales 80%, que varían entre 80% en la estación Potrero Grande y 90% en la estación Cedral; con periodo de registro de 1969-1999 para las estaciones Potrero Grande y Bolivia, de 1969 -1998, para la estación San Vito de Java, de 1971-1999, para la estación Cedral, de 1977-1998, para la estación Cajón de Boruca, de 1977-1999 para la estación Térraba y de 1979-1999 para Volcán de Buenos Aires; aproximadamente un periodo de 30 años. En la Figura 7, se puede observar la variación mensual por estación de la humedad relativa.



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Volcán Buenos Aires	81	79	79	82	85	86	85	86	87	87	87	85
Cedral	87	85	85	88	91	91	91	91	92	92	93	90
Bolivia	83	80	80	81	85	86	86	86	87	88	88	86
San Vito de Java	85	81	80	86	90	91	90	91	92	92	93	89
Térraba	82	80	79	82	85	86	87	87	87	88	88	86
Las Alturas	85	84	83	86	89	90	89	90	90	91	90	89
Cajón de Boruca	80	78	77	81	86	87	87	88	89	90	89	85
Potrero Grande	75	71	70	75	82	84	84	84	85	85	84	80
Promedio	81	79	81	85	87	88	88	88	89	89	88	86

Figura 7. Humedad relativa en estaciones del área de interés
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

Además, en las estaciones ubicadas en zonas montañosas los valores mensuales son mayores que las de estaciones situadas en zonas más bajas. En la Figura 8 se puede observar que la humedad relativa es alta y varia en el rango de 84% a 87%, con una media de 85,6%, Los máximos se ubican hacia NW en Dominical, y al SE en Golfo Dulce.

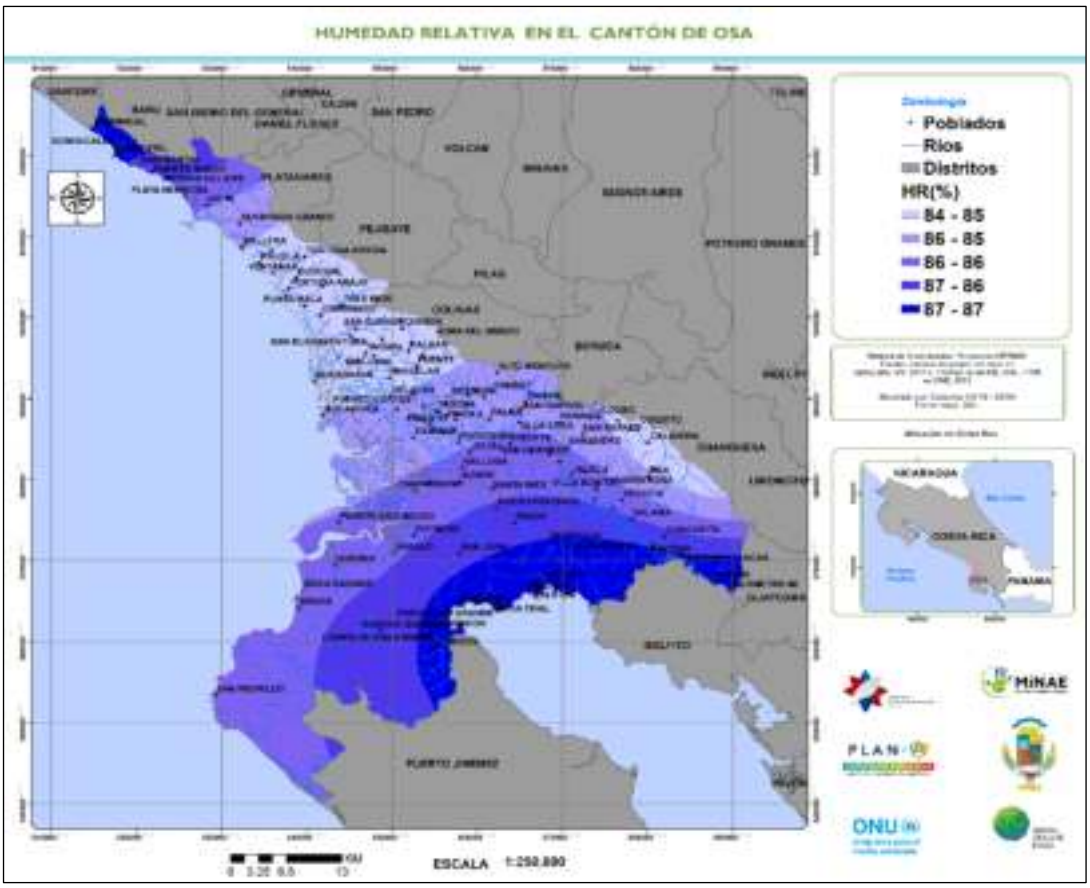


Figura 8. Humedad relativa en el cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

Los meses con menor humedad media mensual van de enero a marzo, en cambio desde junio hasta noviembre son los que presentan los valores medios mensuales máximos, con un máximo promedio mensual en septiembre, esto es consecuencia de la alta pluviosidad de esos meses.

La distribución diaria de la humedad en zonas tropicales guarda una relación inversa con el comportamiento de la temperatura. Durante el día presenta un mínimo en las primeras horas de la tarde cuando la temperatura es máxima; durante las noches y en especial en las madrugadas, alcanza valores máximos que frecuentemente llegan al 100% cuando las temperaturas son mínimas.

3.3.4 Evaporación

El Informe Hidrológico del ICE (2005) incluye el Cuadro 3, donde se muestra la variación mensual de la evaporación promedio en varias estaciones de la cuenca del río Térraba.

Cuadro 3. Evaporación promedio mensual en estaciones área de interés

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Cedral	97	101	105	88	68	58	60	60	55,	49	52	74	867
Volcán	118	128	138	122	110	95	93	103	96	100	93	101	1297
Bolivia	123	136	153	135	119	104	107	108	104	101	94	104	1388
Piñera	127	143	151	135	115	96	110	112	107	106	98	103	1403
Térraba	134	130	144	138	129	119	124	118	119	123	124	124	1526
Potrero	161	173	196	176	136	115	116	120	110	110	109	133	1655
Cajón	164	169	189	169	131	114	119	118	109	98	101	128	1609
Alturas	105	115	125	116	87	81	79	77	82	64	81	93	1105
San Vito	113	115	116	96	88	83	80	82	73	72	78	82	1078
Palmar	143	153	169	144	120	108	106	107	102	95	96	123	1466
PROMEDIO	**129**	**136**	**149**	**132**	**110**	**97**	**99**	**101**	**96**	**92**	**93**	**107**	**1341**

En la Figura 9, se puede observar la variación mensual por estación de la evaporación y en la Figura 10 la evaporación promedio anual para el cantón de Osa.

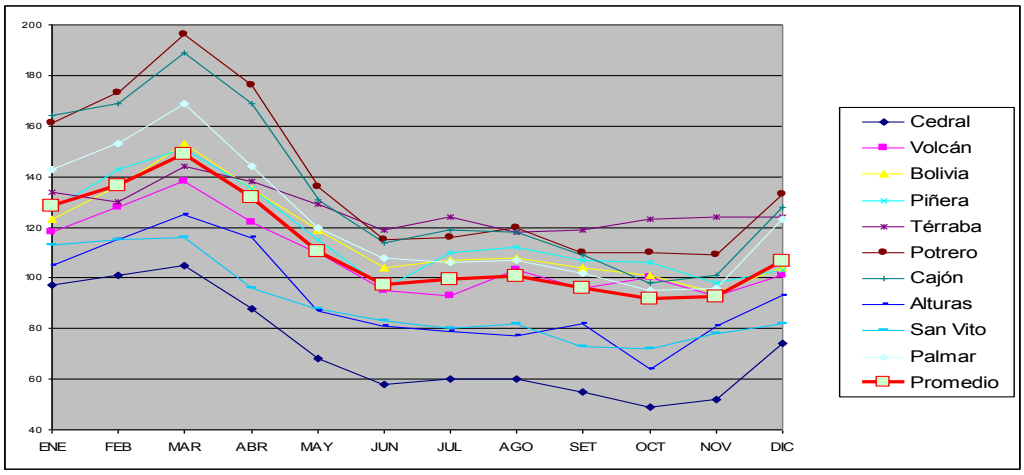


Figura 9. Evaporación promedio mensual en estaciones de interés

Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

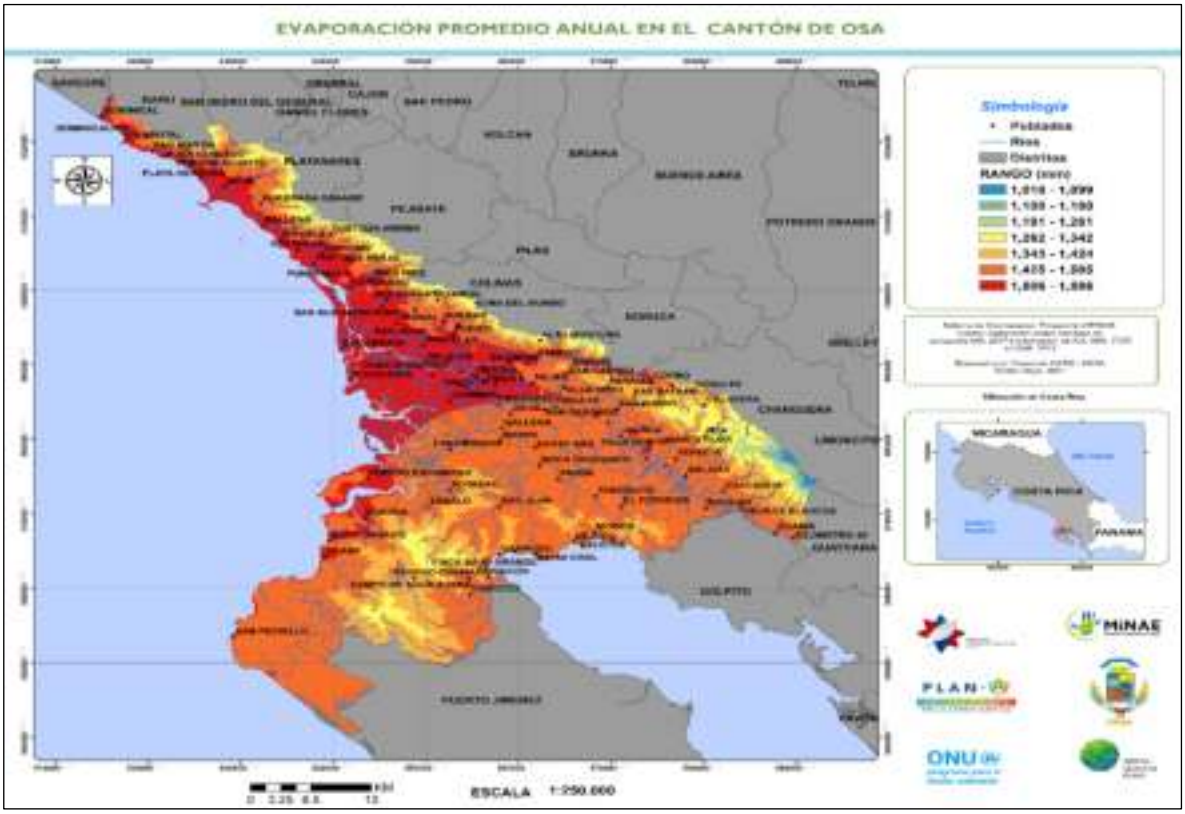


Figura 10. Evaporación promedio anual en el cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

Los valores de evaporación inferiores al promedio mensual en cada sitio ocurren en la temporada húmeda (mayo-diciembre) ocasionados por el incremento de la humedad relativa y disminución de la radiación o brillo solar en ese período.

En general, los valores de evaporación en el área descienden con el incremento en la altitud debido a la disminución de la temperatura, aunque esta relación no es lineal debido a la influencia en la evaporación de otros factores climáticos, tales como la velocidad del viento, que pueden variar considerablemente en la cuenca.

3.3.5 Velocidad y dirección del viento

En la actualidad, se cuenta con información y pronósticos diarios de viento oleaje para la Región Central y Sur, sin embrago, hay poca información histórica de mediciones, y la información del cantón de Buenos Aires no se puede utilizar acá, por la influencia de los vientos marinos

La Región Pacífico Central Situada en la parte central de la Vertiente del Pacífico de Costa Rica, se extiende desde Playa Herradura o Jacó, hasta Dominical, Cerros de Herradura, Cerro Turrubares, Cerro Cangreja, partes bajas (pie de monte) de la Fila Costeña; comprende el poblado de Tinamaste, todo el Valle de Parrita, Quepos y Manuel Antonio.

Esta región, al igual que el resto de las regiones del Pacífico nacional, se caracterizan por presentar el régimen de precipitación del Pacífico. Su posición geográfica al sureste, con la protección al norte por la cadena montañosa de la Fila Costera o Brunqueña, impiden la incursión de vientos alisios del noreste, estableciéndose una modificación de este régimen del Pacífico, presentándose una caracterización propia de la región, como es, un clima tropical con

estación seca, con un período lluvioso muy severo y largo, y un período seco corto y moderado. (IMN, s.f.)

El viento en el Pacifico central y Sur presenta los valores que se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Velocidades del viento en el Pacifico Central y Sur

Región	Mínimo (m/s)	Mínimo (Km/hr)	Promedio (m/s)	Promedio (Km/hr)	Máximo (m/s)	Máximo (Km/hr)
Pacifico Central	0,3	1,08	3,2	11,52	12,57	45,25
Pacífico Sur	0,01	0,04	3,72	13,40	13,70	49,32

Fuente: Lizano, O. (2007).

La Figura 11 muestra la relación viento/oleaje. El menor promedio de las olas en el Pacífico, Central y Sur de Costa Rica se tiene durante la llamada estación seca de Costa Rica (diciembre-abril) debido a presencia de los vientos alisios en esa región que disminuye la energía de las olas entrantes a la costa. Comienzan a aumentar su altura en mayo y hasta junio. Disminuyen su altura en julio durante el llamado "veranillo de San Juan", cuando el viento alisio vuelve a acelerarse en el Caribe de nuestro país. El mayor pico de altura de ola lo presenta en setiembre cuando los vientos que se derivan del oeste ecuatorial y brisas marinas ya están en su máxima expresión en la costa Pacífica. Estos vientos locales incrementan la energía de oleaje que se genera en regiones remotas, como también el oleaje de origen local generado por la acción del viento en tormentas al frente de Pacífico de Costa Rica. Es posible que estos promedios también reflejen la presencia de tormentas tropicales para los meses de la segunda mitad del año, un factor contribuyente con energía de oleaje sobre las costas del Pacífico como un efecto indirecto de estos fenómenos (Lizano, O., 2007)

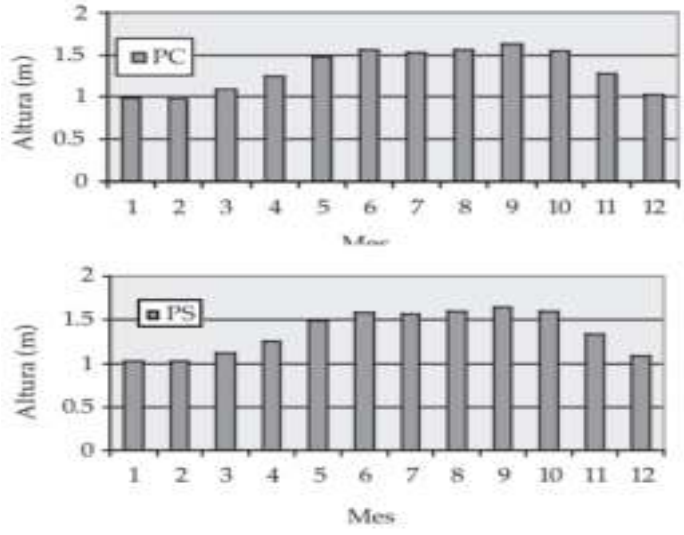


Figura 11, Alturas de las olas en el Pacifico Centra (PC) y el Pacifico Sur (PS)
Fuente: Lizano, O. (2007)

3.3.6 Erosividad de la lluvia en el cantón de Osa

El factor o índice de erosividad se puede definir como la capacidad que tiene la lluvia de producir erosión en un área desprovista de vegetación y se le utiliza para el cálculo de la Ecuación Revisada Universal de Pérdida de Suelos (EUPS), por sus siglas en inglés RUSLE *(*"Revised Universal Soil Loss Equation"). La potencialidad erosiva de las lluvias (factor R), que representa la erosividad de la precipitación y la escorrentía, se considera como un elemento importante para la estimación de pérdida de suelos por erosión hídrica.

Según investigaciones realizadas por Wischmeier y Smith, 1958 (citados por Kirkby y Morgan, 1984), el factor R o índice de erosividad de la lluvia, está en función de dos características de la lluvia tempestuosa: (1) la energía de la lluvia, que se considera como el mejor elemento para estimar su capacidad erosiva y (2) la intensidad máxima durante treinta minutos. El resultado de este producto lo denominó EI_{30}, el cual logró explicar de 72 a 97% de la variación de la erosión en tormentas individuales y el 94% de las pérdidas de suelo anual. El ICE suministró el cálculo del factor R en unidades de [MJ mm / (Ha hr yr)], también llamadas unidades EI, con valores entre 924.5 y 4,446.6 en unidades EI. En el Cuadro 5 se incluyen las estaciones climáticas usadas en el cálculo del factor R.

Cuadro 5. Estaciones climáticas en el área de interés y datos del factor R

CUENCA	NOMBRE	ESTAC	Datos_desde	Elevación	LatG	LatM	LonG	LonM	Latitud	Longitud	Factor R
98	Volcán Buenos Aires	6	Ene-69	418,0	9	13	83	27	9,21666667	-83,45000000	3509,3
98	San Vito de Java	7	1-Jul-68	890,0	8	50	82	59	8,83333333	-82,98333333	2942,9
98	Cedral	10	Dic-68	1700,0	9	22	83	33	9,36666667	-83,55000000	3772,4
98	Bolivia	11	Dic-68	740,0	9	11	83	38	9,18333333	-83,63333333	1009,7
98	Potrero Grande	12	Dic-68	183,0	9	1	83	11	9,01666667	-83,18333333	1492,3
98	Río Negro	13	Abr-69	955,0	8	53	82	52	8,88333333	-82,86666667	1562,7
98	Bolas	15	1-May-69	500,0	9	7	83	13	9,11666667	-83,21666667	2126,7
98	San Martín	17	1-May-69	660,0	9	8	83	30	9,13333333	-83,50000000	1245,1
98	Río Blanco	21	1-May-69	1500,0	9	31	83	37	9,51666667	-83,61666667	1496,4
98	Ujarrás	18	1-Jun-69	525,0	9	14	83	18	9,23333333	-83,30000000	3405,3
98	Achiote	19	1-May-69	420,0	9	14	83	22	9,23333333	-83,36666667	1149,0
98	Chimirol	20	1-May-69	1000,0	9	26	83	38	9,43333333	-83,63333333	3273,3
98	Cristo Rey	23	1-May-70	495,0	9	15	83	37	9,25000000	-83,61666667	1732,0
98	Buena Vista	31	Ago-72	1310,0	9	30	83	40	9,50000000	-83,66666667	1435,7
98	Alto San Juan	32	Ago-72	1040,0	9	20	83	44	9,33333333	-83,73333333	1494,6
98	San Jerónimo	33	Ago-72	1140,0	9	21	83	30	9,35000000	-83,50000000	3229,6
98	Tablas	34	Ago-72	360,0	8	56	83	7	8,93333333	-83,11666667	1449,0
98	Limoncito	35	Ago-72	820,0	8	51	83	0	8,85000000	-83,00000000	3849,4
98	Maíz de Boruca	36	1-Sep-72	520,0	9	1	83	25	9,01666667	-83,41666667	924,5
98	Cajón Boruca	37	1-Sep-72	80,0	8	57	83	20	8,95000000	-83,33333333	2620,5
98	Alto de La Escuadra	38	1-Mar-73	825,0	9	3	83	30	9,05000000	-83,50000000	2486,0
98	Boruca	39	1-Mar-73	570,0	9	0	83	20	9,00000000	-83,33333333	979,5
98	División	40	1-Mar-73	2260,0	9	31	83	43	9,51666667	-83,71666667	1778,6
98	Mellizas	43	1-Mar-74	1420,0	8	53	82	47	8,88333333	-82,78333333	2514,1
98	Las Alturas	44	1-Apr-74	1340,0	8	56	82	50	8,93333333	-82,83333333	2086,4
98	Fila Tigre	50	1-Apr-74	1130,0	8	56	82	55	8,93333333	-82,91666667	2237,0
98	Helechales	51	1-May-74	1030,0	9	5	83	5	9,08333333	-83,08333333	2326,2
98	Térraba	57	1-Oct-74	360,0	9	4	83	17	9,06666667	-83,28333333	2217,6
98	Aguas Buenas	58	Abr-75	1180,0	9	13	83	41	9,21666667	-83,68333333	1853,1
98	Linda	59	Abr-75	700,0	9	22	83	39	9,36666667	-83,65000000	2809,2
98	San Ramón Norte	61	Abr-75	1160,0	9	26	83	43	9,43333333	-83,71666667	3536,5
98	San Isidro de Bioley	66	1-Sep-96	1050,0	9	0	83	0	9,00000000	-83,00000000	2798,1
98	Las Delicias	68	1-Sep-96	990,0	9	10	83	11	9,16666667	-83,18333333	3568,5
98	ND	70	ND	ND	9	15	83	25	9,25000000	-83,41666667	4446,6

En la Figura 12 se incluye el factor R o erosividad de la lluvia para el cantón de Osa.

Este factor, será tomado en cuenta en el Anexo 3, para el cálculo de la EUPS.

Figura 12. Erosividad de la lluvia en el cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con base en datos suministrados por ICE (2010).

3.3.7 Eventos de El Niño y La Niña

Dada la importancia de estos fenómenos océano-atmosféricos dentro del clima y el comportamiento de los caudales en la zona de estudio, se analizó el efecto que ellos han tenido en los caudales en la estación Palmar.

Durante el período de registro en la estación Palmar, el fenómeno de El Niño tuvo presencia durante los siguientes períodos: junio 1963 - febrero 1964, mayo 1965 -junio 1966, abril 1972 - marzo 1973, agosto 1976 - marzo 1977, julio 1977- enero 1978, abril 1982 - julio 1983, agosto 1986 - febrero 1988, marzo 1991- julio 1992 y febrero 1993 - septiembre 1993.

Los caudales más bajos del registro están asociados a la presencia de El Niño, en el periodo 91 - 93 se registraron los caudales mínimos anuales y los caudales no superaron el 58% del promedio. En los otros períodos con presencia del fenómeno los caudales han llegado al 70% del promedio y solo en dos períodos en 1963 y en 1965 el caudal estuvo alrededor del promedio. El fenómeno de La Niña tuvo presencia durante los siguientes períodos: julio 1964 - marzo 1965, octubre 1970 - diciembre 1971, julio 1973 -marzo 1976, octubre 1983 - junio 1985, julio 1988 – junio 1989, octubre 1995 -marzo 1996 y junio 1998 - junio 2000.

Los caudales más altos del registro están asociados a la presencia de La Niña, en el período 1999-2000 el caudal anual fue 63% más alto que el promedio y en el período 1970-1971 un 49% más alto. En los otros períodos los caudales tuvieron valores 23% más altos que el promedio y en el período 1983-1985 el caudal estuvo alrededor del promedio.

Los resultados anteriores indican que la cuenca del río Térraba está influenciada por la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña y que cuando están activos, los caudales pueden llegar a ser 50% más bajos o 60% más altos que el promedio correspondiendo estos límites a los valores extremos del registro.

3.3.8 Zonas de vida de Holdridge

Respecto a Zonas de Vida, se utilizó el Mapa Ecológico de Costa Rica, según el Sistema de Clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L. R. Holdridge, elaborado por el Centro Científico Tropical. En la Figura 13 se muestran las 9 zonas de vida, que se presentan en el área de interés.

Las zonas de vida van de bosque húmedo (4,6%) rango de 1,000 a 2,000 mm, a bosque muy húmedo (89,8%) de 2.000 a 4.000 y bosque pluvial (5.6%) de 4.000 a 6.000 mm, por año. Esto ratifica la lluvia promedio anual total.

Figura 13. Zonas de vida en el cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con base información CATIE (CCT, 1990)

En el Cuadro 6 se incluye el resumen de las áreas de las zonas de vida presentes en los cantones bajo estudio.

Cuadro 6. Zonas de Vida de Holdridge en el área de interés

No	Código	Descripción	Area (Km^2)	Porcentaje
1	bh-T	Bosque húmedo Tropical transición a Premontano	16.6	0.9%
2	bh-T>	Bosque húmedo Tropical transición a Perhúmedo	69.8	3.7%
3	bmh-P	Bosque muy húmedo Premontano	525.5	28.0%
4	bmh-T	Bosque muy húmedo Tropical transición a Premontano	1159.7	61.8%
5	bp-MB	Bosque pluvial Montano Bajo	8.9	0.5%
6	bp-P	Bosque pluvial Premontano	95.1	5.1%
Total			1875.6	100.0%

3.3.9 Uso de la tierra

Para elaborar el mapa del área que comprende el cantón de Osa, se utilizó el mapa de uso del ICE (2010) con corrección por fotointerpretación de la Ortofoto, del IGN-RN, 2017, produciéndose el uso de la tierra, que se muestra en la Figura 14.

Figura 14. Uso de la tierra en el cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con base en ICE (2010) e información Orthofoto IGN-RN, 2017.

En el Cuadro 7 se resumen las áreas de las categorías de uso de la tierra en el cantón de Osa Y en la Figura 15 en términos de porcentajes. Con uso urbano, se tiene un 0,33%, en cultivos anuales 3,43 %, cultivos permanentes un 7,86%, en bosque se tiene un 45,45%, en pastos un 20,69%, con 0,82% para suelos desnudos o descubiertos, y un 12,53 para manglares, áreas anegadas.

Cuadro 7. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón de Osa

Uso de la tierra	Area Km^2	Porcentaje
Anegados y cuerpos de agua	234.87	12.53%
Bosque	851.67	45.45%
Charral y tacotal	166.62	8.89%
Cultivos anuales	64.27	3.43%
Cultivos permanentes	147.36	7.86%
Pastos	387.71	20.69%
Terreno descubierto	15.30	0.82%
Urbano	6.11	0.33%
Total	1873.91	100.00%

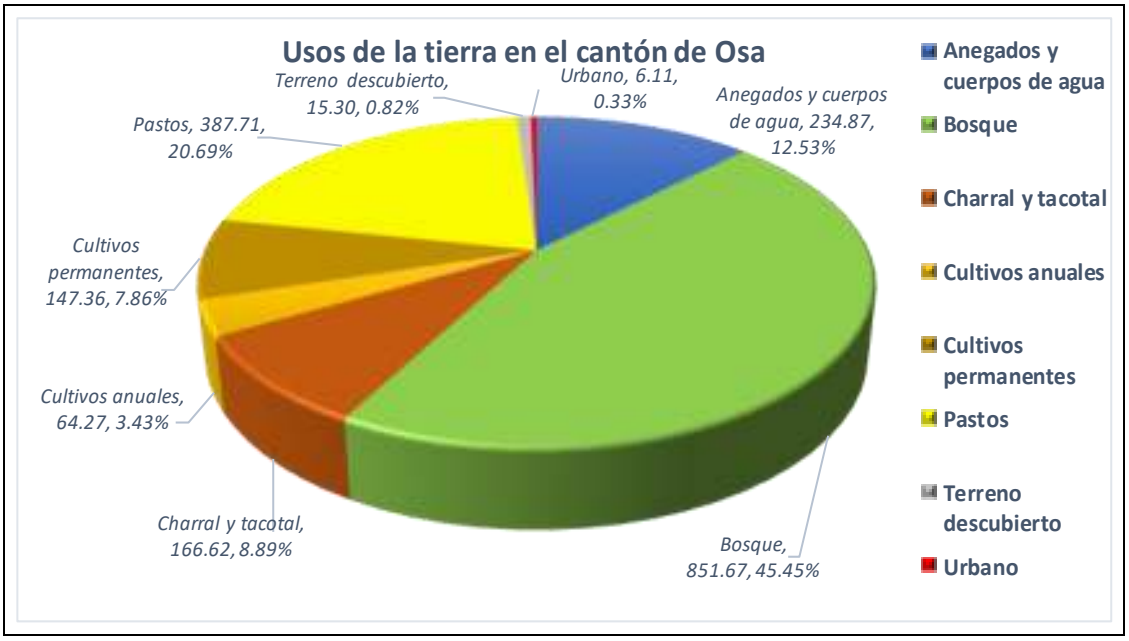


Figura 15. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Osa
Fuente: elaboración propia

El 29.6,9% equivalente a 554.33 Km^2, del área son pastos, charral y tacotales, con 58,8% o 1.101,8 Km^2, en condición natural (bosque, terreno descubierto, anegados y cuerpos de agua), o bien un 41,2% o 772,1 Km^2 en condición de otro uso no natural, lo que conlleva a indicar que el área del cantón se ha degradado por la tala en áreas de montaña en búsqueda de pastos o terrenos de cultivos, con malas prácticas culturales. Esta situación afecta a las zonas de vida, porque no mantienen su cobertura inicial, y hace necesario medidas de adaptación para devolver esta condición en las áreas con sobreuso o sobreexplotadas.

4. Características socioeconómicas del cantón de Osa

El índice de desarrollo humano (IDH) se considera un indicador que provee información valiosa sobre las condiciones sociales y económicas de un cantón. Es elaborado por el PNUD y se calcula teniendo en cuenta varias medidas correspondientes a la esperanza de vida, educación y riqueza. por lo que cada año el PNUD recoge datos de diferentes programas de la ONU para elaborar este indicador. Para el cantón de Osa, el IDH al 2018 es de 0,744, compuesto por una esperanza de vida de 76,00, años esperados de escolaridad 11,8, años promedio de escolaridad 6,0, consumo eléctrico per cápita 695,66, ubicándose el lugar 71 de 82 cantones[7], considerado como alto (PNUD, 2018).

PNUD también presenta el índice de desarrollo humano ajustado por desigualdad (IDHD), con valor de 0,607 con calificativo de medio.

El índice de desarrollo por género (IDG) tiene un valor de 1,042, con calificativo de medio. Este índice refleja las desigualdades entre hombres y mujeres en los logros de las tres dimensiones básicas de desarrollo humano:

- Salud, medida por la esperanza de vida al nacer de mujeres y hombres.
- Conocimiento, medido por los años esperados de escolaridad de niños y los años promedio de escolaridad de mujeres y hombres de 25 años y más.
- Dominio sobre los recursos económicos, medido por una estimación del bienestar material de mujeres y hombres.

Al bajar a nivel distrital, En el Cuadro 8 se muestra el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de MIDEPLAN, 2017. Esto indica que el cantón se califica como bajo, y es muy bajo en tres distritos: Bahía Drake, Piedras Blancas y Sierpe. El IDH del PNUD lo califica como alto a nivel cantonal.

Cuadro 8. Distritos por cantones en área de análisis

Provincia	Cantón	Nombre Distrito	Código Distrito	Mujeres 2011	Hombres 2011	Población Total 2011	Area Km^2	Densidad hab./Km^2	IDS Distrito, MIDEPLAN, 2017	Posición IDS	Nivel	IDH
Puntarenas	Osa	Bahía Ballena	60504	1561	1745	3306	160.21	21	50.16	386	B	
		Bahía Drake	60506	861	989	1850	390.25	5	42.68	447	MB	
		Palmar	60502	4849	4967	9816	244.44	40	53.17	349	B	
		Piedras Blancas	60505	2057	2080	4137	264.29	16	40.71	455	MB	
		Puerto Cortés	60501	3971	3998	7969	218.06	37	61.26	262	B	
		Sierpe	60503	1957	2248	4205	596.67	7	34.54	472	MB	
Subtotal o promedio		6		15256	16027	31283	1873.92	17	48.74	383	B	0.744

En rojo se señalan las cabeceras del cantón.

En el cuadro anterior se ha tomado en cuenta el IDS distrital, calificada por MIDEPLAN, 2017, con los rangos de valores mostrados en el Cuadro 9.

[7] En la actualidad Costa Rica posee 84 cantones.

Cuadro 9. Calificación del IDS por MIDEPLAN, 2017 y de IDH, 2018 por PNUD

Nivel	Rango
Muy bajo	0 - 47.44
Bajo	47,45-62,01
Medio	62,02-76,87
Mayor	76,88-100

Nivel IDH	Rango
Alto	0.713 a 0.795
Muy alto	0.795 a 0.924

La población urbana/rural y por distrito al 2011, se resume en el Cuadro 10. La población total fue de 45244 habitantes, con 37.7% en zona urbana y 62,3% en zona rural, con una densidad del 19 hab./Km^2. Los distritos con mayor densidad poblacional son Palmar y Puerto Cortés.

Cuadro 10. Población urbana/rural y por distrito al 2011

Distrito	Urbano			Rural			Total				
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Área (Km^2)	Densidad (hab./Km^2)
Puerto Cortés	4 697	2 277	2 420	3 272	1 721	1 551	7 969	3 998	3 971	218.06	36.5
Palmar	4 909	2 400	2 509	4 906	2 566	2 340	9 815	4 966	4 849	244.44	40.2
Sierpe	823	421	402	3 382	1 828	1 554	4 205	2 249	1 956	596.67	7.0
Bahía Ballena	199	90	109	3 107	1 655	1 452	3 306	1 745	1 561	160.21	20.6
Piedras Blancas	570	270	300	3 568	1 810	1 758	4 138	2 080	2 058	264.29	15.7
Bahía Drake							1 030			390.25	2.6
Total	**11 198**	**5 458**	**5 740**	**18 235**	**9 580**	**8 655**	**30 463**			**1873.92**	**19.0**
Porcentaje	36.8%	17.9%	18.8%	59.9%	31.4%	28.4%	100.0%				

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC, 2011[8]

Ante la falta de datos censales más actuales, se considera la proyección de la población al 2025, presentada en el Cuadro 11. Se proyecta que la población pasará de 30463 al 2011 a 31686 en el 2025, con una densidad de19,0 hab./Km^2, en el 2011 a 21,6 hab./Km^2 en el 2025, En cuanto a grupo vulnerable GV, conformado por población de menos de 4 años y mayor de 65 años, el porcentaje será de 3.35%.

Cuadro 11. Proyección de la población al 2025, por INEC (2013)

Distrito	Total	0 a 4	Mayor 65	Total GV	Porcentje GV	Área (Km^2)	Densidad (hab./Km^2)
Puerto Cortés	8999	698	1097	1795	5.66%	218.06	41.3
Palmar	9688	801	1089	1890	5.96%	244.44	39.6
Sierpe	3692	290	482	772	2.44%	596.67	6.2
Bahía Ballena	3551	293	344	637	2.01%	160.21	22.2
Piedras Blancas	4573	397	496	893	2.82%	264.29	17.3
Bahía Drake	1183	91	101	192	0.61%	390.25	3.0
Total o promedio	**31686**	**2570**	**3609**	**6179**	**3.25%**	**1873.92**	**21.6**

[8] La población en Bahía Drake no fue reportada por el INEC, ver información en: Censo. 2011. Indicadores demográficos y sociales según provincia, cantón y distrito. Resultados, Censos 2011, Población. Igualmente, en el estudio de (Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D, 2021), no se reporta,

En el Cuadro 12, se desglosan indicadores económicos que reflejan la condición del empleo de la población mayor de 15 años en el cantón, por distrito, según datos del INEC al 2011. Más de la mitad de la población trabajadora se encontraba en condición económicamente inactiva 51,5% (11056 personas). Se recalca que el INEC no tiene información para Bahía Drake[9].

Cuadro 12. Indicadores económicos por distrito, INEC 2011.

Osa. Indicadores económicos, según cantón y distrito									
Provincia, cantón y distrito	Población de 15 años y más	Tasa neta de participación	Tasa de ocupación	Tasa de desempleo abierto	Porcentaje de población económicamente inactiva	Relación de dependencia económica	Porcentaje de población ocupada		
							Sector Primario	Sector Secundario	Sector Terciario
Puerto Cortés	5 834	47.5	46.2	2.8	52.5	1.9	15.0	16.4	68.6
Palmar	7 146	48.8	47.1	3.4	51.2	1.8	28.5	12.9	58.6
Sierpe	3 069	47.3	46.1	2.4	52.7	1.9	43.1	7.1	49.7
Bahía Ballena	2 379	58.7	57.3	2.4	41.3	1.4	13.7	17.5	68.9
Piedras Blancas	3 030	43.4	41.8	3.5	56.6	2.1	53.2	8.8	38.1
Bahía Drake									
Osa	**21 458**	**48.5**	**47.1**	**3.0**	**51.5**	**1.8**	**28.0**	**13.1**	**58.8**

4.1 Territorios indígenas

En Osa, el 4.42% de toda su superficie corresponde a Territorios Indígenas. En el Cantón se encuentran 3 territorios indígenas: Boruca, Curré y Osa. Una de las problemáticas que presentan estos grupos es la legitimación sobre sus tierras. Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D. (2021).

Según INEC (2011), el 83% de la población se declara blanca o mestiza con diversas ascendencias, mientras que existen tres grupos minoritarios de afrodescendientes, indígenas y asiáticos. En Osa, los principales grupos étnicos que se encuentran son: blancos o mestizos con el 77%, población indígena con el 5.8%, población afrodescendiente 0.7%, población mulata 10.3% y la población china con el 0.1%.

En el Cuadro 13 se incluyen los territorios indígenas de Osa, según el X Censo, 2011.

[9] Revisar Excel en: Censo. 2011. Indicadores económicos, según provincia, cantón y distrito | INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS (inec.cr)

Cuadro 13. Territorios indígenas 2011

Territorio indígena	Pueblo indígena	Distrito	Comunidad
Boruca	Osa	Palmar	Alto Zapote
			Bajo Dioses
			Cajón
			Mayal
			Vergel
			Caña Blanca
Curré	Osa	Palmar	Santa Elena
			El Coquito
			El Progreso
			Curré
			Paraíso
Osa	Osa	Sierpe	Alto Laguna
			Dos Brazos

Fuente: INEC (2011)[10]

5. Síntesis de los instrumentos vigentes para la planificación del cantón

El artículo 1 del Código Municipal vigente en la Ley N.º 7794 de 1988[11] establece que el cantón promueve y administra sus propios intereses por medio del gobierno municipal.

Los instrumentos de planificación vigentes en el cantón de Osa comprenden:

I. Plan Operativo de Trabajo 2020-2024 (POT)
II. Plan estratégico de desarrollo municipal (PEDM)
III. Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2013-2023 (PCDHL)
IV. Plan Vial Quinquenal de Conservación y Desarrollo de la Municipalidad de Osa (PVQ)
V. Plan Regulador (PR)
VI. Comisiones

I. Plan Operativo de Trabajo 2020-2024 (POT)

Este es un instrumento de planificación política, con los siguientes ejes estratégicos:

1- Desarrollo sostenible.
2- Planificación y ordenamiento territorial.
3- Gestión ambiental.
4- Gobernanza.
5- Gestión municipal.
6- Equidad de género.

[10] Territorios Indígenas - Instituto Nacional de Estadística y Censos (studylib.es)
[11] Disponible en: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=40197

7- Cultura.

Se identifican en este instrumento algunos objetivos relacionados con la adaptación:

1- Confeccionar plan de acción municipal.
2- Fortalecer al órgano y al personal municipal brindándoles lo necesario para que puedan satisfacerles de una manera óptima y eficiente las necesidades de los habitantes del cantón.
3- Promover la igualdad y equidad de género entre todos los ciudadanos según clase social, raza, religión para eliminar las desigualdades.
4- Fomentar la participación ciudadana del cantón y de la región, para mejorar la organización de la comunidad y generar una cultura de gestión autónoma.

II. Plan estratégico de desarrollo municipal (PEDM) 2018-2022, es un instrumento de planificación estratégica, cuyos ejes y objetivos se citan a continuación:

Ejes estratégicos:

1. Promover un mejoramiento continuo en la planificación, ejecución, control, evaluación y transversalizar la igualdad y equidad de género en la gestión municipal.
2. Establecer normas que permitan garantizar la asignación y ejecución de los recursos en el ámbito social, cultural, ambiental y recreativo de manera integral e inclusivo para toda la población.
3. Ser un cantón ecológico que permita la conservación de los recursos naturales y el desarrollo humano bajo el concepto de sostenibilidad.
4. Elaborar y aplicar instrumentos para el ordenamiento territorial (urbano y rural) y marítimo terrestres acordes a la realidad cantonal y las necesidades de la ciudadanía con sostenibilidad ambiental.
5. Fomentar en el Cantón de Osa una sociedad con principios y valores culturales, artísticos, sociales que ayude a formar una convivencia sana en el cantón
6. Impulsar el desarrollo económico del cantón por medio de proyectos de inversión que aumente las opciones laborales de la ciudadanía para mejorar su calidad de vida.
7. Mejorar la calidad y cobertura de los servicios prestados por la Municipalidad.
8. Mejoramiento de la red vial cantonal de forma planificada y priorizada para garantizar el uso adecuado de los recursos y la accesibilidad de los caminos del cantón.

Objetivos:

1. Elaborar, implementar, desarrollar y evaluar un programa de planificación a mediano plazo para mejorar la gestión institucional.
2. Elaborar un plan de trabajo con la ciudadanía para la asignación de presupuesto que permita garantizar servicios de calidad.
3. Promover la gestión ambiental y la coordinación interinstitucional (públicas, privadas, ONG´s, organizaciones comunales y cooperación internacional) para la conservación de los recursos naturales del cantón con un desarrollo humano sostenible.
4. Consolidar la regulación urbana, rural y marítima del cantón para un ordenamiento territorial sostenible con el ambiente y que favorezca una mejor calidad de vida para los y las habitantes de Osa.
5. Dotar de infraestructura para contribuir al desarrollo social, cultural, educativo y recreativo para la niñez, adolescencia, adultos y adultos mayores que se fomente, arte, música, deporte, educación y calidad de vida en el cantón de Osa.

6. Crear y promover proyectos que den respuesta a las necesidades socioeconómicas de la ciudadanía.
7. Mejorar la calidad y cobertura de los servicios que brinda la Municipalidad, para satisfacer las necesidades fundamentales de las personas habitantes en el cantón.
8. Dar mantenimiento a la red vial cantonal para mejorar la accesibilidad de los caminos en las comunidades de los cinco distritos del cantón.

Visión del Instrumento: Desarrollar un proceso de planificación institucional de mediano plazo que permita desarrollar las capacidades de gestión del gobierno local para ejercer direccionalidad y liderazgo en los procesos de desarrollo humano local con participación ciudadana.

III. Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2013-2023

Corresponde a un Instrumento de planificación estratégica con ejes temáticos, objetivo y visión.
Ejes temáticos:

1- Desarrollo económico sostenible.
2- Desarrollo social.
3- Seguridad Humana.
4- Educación.
5- Servicios Públicos.
6- Gestión Ambiental.
7- Ordenamiento Territorial.
8- Infraestructura.

Objetivo:
Generar en forma participativa, inclusiva y equitativa las condiciones que permitan el desarrollo económico y social sostenible y en armonía con el medio ambiente para el bienestar de las actuales y futuras poblaciones residentes y visitantes del cantón de Osa

Visión del instrumento:
Ser un cantón con un desarrollo humano sostenible con el medio ambiente, con igualdad de oportunidades para toda la población; con una educación, seguridad humana e infraestructura de calidad, servicios públicos accesible y equitativo y con una participación responsable del Gobierno Local, las Instituciones Públicas, Ciudadanía, Comercio, Industria y Turismo

IV. Plan Vial Quinquenal de Conservación y Desarrollo de la Municipalidad de Osa

Instrumento de planificación estratégica, con ejes estratégicos:

1- Planificación.
2- Social.
3- Económico.
4- Ambiental.
5- Técnico.

Objetivos:

1- Mejorar la infraestructura vial para potenciar la competitividad del país, con respecto a la calidad de los diferentes modos de transporte.
2- Optimizar la conectividad de zonas productivas del país, para contribuir al traslado seguro y al desarrollo turístico y económico.

3- Mejorar la conectividad y seguridad en tramos de la red vial cantonal mediante la construcción de puentes.
4- Mantener y conservar la red vial cantonal pavimentada en condiciones de transitabilidad.

V. Plan regulador del cantón de Osa

La Municipalidad y la Dirección de Urbanismo están promoviendo el Plan Regulador. Dos ejercicios anteriores, con PRODUS, en 2008 y 2010, con fondos de TNC, fueron archivados al no ser avalados por la Municipalidad.

En el marco de estos esfuerzos, el cantón cuenta con varios planes en zona marítima terrestre (ZMT), entre estos: a) Plan Regulador Parcial del Sector Costero de Playas Caletas Sector Sur, 2005[12] y el No 13-2008, que aprueba el contenido de los mapas correspondientes al trámite final de modificación o Cambio de Uso de Suelo del Plan Regulador del Sector Costero de Punta Dominical.

Los instrumentos existentes integran los resultados de análisis de riesgo por amenazas climáticas y otras, y proponen medidas de adaptación como parte integral de sus propuestas de acción. Sin embargo, al igual que lo realizó la CNE, al traspasar por Ley la GIR a las municipalidades, debe asegurarse el financiamiento de las medidas de adaptación.

A la fecha, en la Municipalidad de Osa está consolidada la gestión del riesgo. Aun así, dada la magnitud de eventos obliga a la CNE e instituciones asociadas a sectores hídrico, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados ICAA (antes AyA), Ministerios de Salud (MS), a actuar en forme reactiva con grandes costos anuales asociados. Por esto, el plan de acción para la adaptación climática y las medidas de adaptación que paulatinamente se logren integrar en los instrumentos de planificación territorial existentes, deben asegurar la sostenibilidad de su implementación a nivel local.

En la Figura 16 se presentan los instrumentos asociados a los plazos de ejecución.

[12] Disponible en: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=55629&nValor3=60954&strTipM=TC

Figura 16. Instrumentos de la Planificación Municipal
Fuente: SGSA, CNE, 2014

Por su relación en la atención de emergencia, lo relacionado con los planes viales se consideran instrumentos relacionados a la adaptación reactiva, por su función el restablecimiento de los caminos, generalmente asociados a impactos de los eventos climatológicos. Esto debiera convertirse en una acción proactiva asociada al mantenimiento, lo que constituiría una medida de adaptación proveniente de la gestión del riesgo que no se ha podido concretar por una razón presupuestaria, relacionada a la dimensión /población del cantón.

6. Perfil climático

El perfil climático se elaboró a partir de información disponible, suministrada por diversas instiruciones y el proyecto Plan - A, valorada y escogida para los propósitos de este trabajo. La cartografía base empleada es del IGN, RN (2017).

6.1 Síntesis de amenazas e impactos climáticos que afectan o afectarán al cantón en el futuro

Según la (CNE, 2021), el cantón de Osa posee una red fluvial bien definida. La misma cuenta con un grupo de ríos y quebradas que son el punto focal de las amenazas hidrometeorológicas del cantón. Esta red de drenaje está compuesta principalmente por los ríos: Grande de Térraba y afluentes, Sierpe, Balzar, Coronado, Uvita, Higuerón, Cañablancal, Carmonal, Chowaco y las quebradas Azul, Zapatero y Cuachi. De estos ríos y quebradas, algunos han disminuido el periodo de recurrencia de inundaciones o aumentado la frecuencia de los eventos, lo anterior por causa de la ocupación de las planicies de inundación, y el desarrollo urbano y agropecuario en forma desordenada, sin ninguna planificación y al margen de las leyes que regulan el desarrollo urbano y forestal. A lo anterior, se suma el depósito de desechos sólidos a los cauces, generando reducción de la capacidad de la sección hidráulica y provocando el desbordamiento de ríos y quebradas. Esta situación ha sido generada por la construcción de viviendas cercanas a los ríos en el cantón de Osa. Las zonas o barrios que pueden ser más afectados y con alto riesgo por las inundaciones y avalanchas de los ríos y quebradas antes mencionadas son: Vergel, Caña Blanca, Palmar Norte - Sur, Cortés, Delicias, La Navidad, Pavón, Sierpe, Finca 12, Ciudad Cortés, Tres Ríos, Coronado y Uvita.

El cantón de Osa se localiza dentro de una región sísmica caracterizada por presentar eventos generados consecuencia del choque de las placas Coco-Caribe, esto hace que se presente:

a. Licuefacción del suelo (comportamiento del suelo como un líquido debido a las vibraciones del terreno), sobre todo en aquellas áreas donde los terrenos están conformados por acumulación de arenas. Los poblados más vulnerables son: Dominical, Bahía, Piñuela, Tortuga Abajo, Chácara, Punta Mala, Delicias, Cortés.
b. Deslizamientos de diversa magnitud sobre todo en los sectores donde la pendiente del terreno tiende a ser mayor. Las áreas más vulnerables son aquellas localizadas hacia el NO y SE del cantón, donde se encuentran los poblados de Piedras Blancas, Filas, Alto Ángeles, San Rafael, Paraíso, Alto Encanto, Olla Cero, Balzar, Tres Ríos, La Mula, San Josecito, Tramo Carretera Interamericana Sur entre Palmar Norte y Cajón.
c. Tsunamis o maremotos, que afectarían aquellos poblados localizados a lo largo de la costa pacífica, tales como: Punta Mala, Chácara, Piñuela, Bahía, Dominical.
d. Asentamientos de terrenos, en aquellos sectores donde se han practicado rellenos mal compactos o existen suelos que por su origen son poco compactos (aluviones, arenas, etc.).
e. Fracturas en el terreno, con daños diversos a la infraestructura.

Respecto a deslizamientos (inestabilidad de terrenos), las características topográficas y geológicas propias del cantón de Osa lo hacen vulnerable a la inestabilidad de laderas, sobre todo hacia el noroeste y sureste del cantón, donde la pendiente del terreno es más abrupta. Los poblados más vulnerables son: Piedras Blancas, Isla, Alto Ángeles, San Rafael, Paraíso, Alto Encanto, Olla Cero, Balzar, Tres Ríos, Punta Mala, San Josecito, y el tramo en la carretera entre Palmar Norte y Cajón. Además, son susceptibles a inestabilidad de suelos aquellos lugares donde se han practicado cortes de caminos y rellenos poco compactos. Los efectos más importantes de los deslizamientos serían: 1) sepultamiento de viviendas, 2) daños a diversos

caminos, 3) flujo de lodos, generadas por represamientos de ríos, afectando sobre todo aquella infraestructura localizada cerca del cauce del río o dentro de la llanura de inundación de estos, 4) daños a ganadería y cultivos.

Las recomendaciones de la CNE (2021) respecto a inundaciones y flujos de lodo es evitar la ocupación de las planicies de inundación de los ríos por asentamientos formales o informales, evitar así mismo la deforestación de las cuencas altas y medias e impulsar programas de uso sostenible de recursos naturales. Así, se recomienda y amplía, tomando en cuenta los lineamientos para amenazas dado la Guía de Gestión Municipal del Riesgo[13] (SGSA y CNE, 2014a) y la Guía de Planificación y presupuestación[14] (SGSA y CNE, 2014b). Esta última muestra la herramienta del Marco Lógico que se ha aplicado con éxito en el quehacer de la gestión del riesgo municipal. A continuación se detallan algunas recomendaciones puntuales incluidas en las guías antes mencionadas:

- Velar porque todo uso de la tierra debe acogerse a las restricciones señaladas en el plan regulador del cantón, si existiese. En caso de ausencia de plan regulador, acogimiento las normativas de uso establecidas por la municipalidad o bien cualquier otra regulación particular que exista sobre sitios de alto riesgo, emitida por la CNE o las autoridades competentes.
- Fomentar programas de educación ambiental y de uso de la tierra con fines de construcción, para evitar la contaminación de los ríos y quebradas, con desechos sólidos y otros, así como establecer brigadas de vecinos para la limpieza y mantenimiento de los desagües y cauces de agua.
- Planificar adecuadamente el envío de aguas servidas, negras y pluviales que fluyen de las diferentes urbanizaciones, y que aumentan el caudal de los ríos, provocando inundaciones y problemas de salud en períodos de lluvias intensas, y cuando se presentan otros eventos hidrometeorológicos tal como: frentes fríos, vaguadas, temporales, tormentas y depresiones tropicales, etc. Evitar el principio perverso del que contamina paga.
- Cambiar la práctica de quema de basuras y promover la recolección de desechos, así como la educación para evitar incendios forestales y la cacería o hurto de especies.
- Buscar los mecanismos adecuados con otras instituciones del Estado, Organismos no gubernamentales (ONG's), vecinos y empresa privada para poner en práctica obras de protección de las márgenes de los ríos o los cauces, para reducir la posibilidad de inundaciones, siempre que vengan avaladas por estudios hidrológicos hidráulicos del sitio.
- Que los grupos organizados del cantón de Osa formen grupos de vigilancia de las cuencas de los ríos que pasan cerca de los centros de población para evitar que inundaciones y avalanchas tomen por sorpresa a la población en época de lluvia con alta intensidad, esto es impulsar sistemas de vigilancia -alerta comunitaria continua.
- Evitar la concesión de permisos de construcción sobre laderas de fuerte pendiente o al pie de estas, igual restricción se debe aplicar para sectores donde existen antecedentes de inestabilidad de laderas y que hayan sido reportados por las autoridades municipales y la CNE.

[13] Gestión Municipal del Riesgo Ordenamiento Territorial.pdf (cne.go.cr)
[14] Guia_Municipal_del_Riesgo_de_Desastres_planificacion_y_presupuestacion.pdf (cne.go.cr)

- En sectores donde existan fallas geológicas es importante mantener una franja de no construcción a ambos lados de la traza de falla y la valoración de esta, por partes de especialistas en esta materia.
- Dar seguimiento a los permisos de construcción o intervenir los mismos en los casos que se compruebe que la práctica constructiva o la calidad de los materiales no es la más adecuada, de tal manera que garantice su resistencia a los sismos, con apoyo del CFIA y la CNE.
- Controlar los permisos de construcción sobre rellenos y/o terrenos arcillosos, o propensos a licuefacción, pues en general estos no reúnen las condiciones adecuadas para ello.
- Considerar aquellas áreas vulnerables a las diferentes amenazas cuando sean planeadas y diseñadas obras de infraestructura de importancia comunal (rellenos sanitarios, acueductos, caminos etc.). Recordar el lema: "no hemos vivido el evento máximo".

A continuación, se analizan las amenazas relacionadas a la VC y del CGA, que se han detectado en el cantón de Osa, incluyendo inundaciones, deslizamientos, inestabilidad de laderas, erosión laminar e incendios forestales, así como erosión costera y elevación del nivel del mar. Se reconoce que existen otras amenazas, entre ellas, disponibilidad de agua para consumo y riego, contaminación por agroquímicos, intrusión marina/salinización, afectación de la producción agropecuaria, piscícola y avícola, y afectación a los ecosistemas. Estas requieren estudios específicos, probabilísticos, espacio temporales para su evaluación apropiada, que deberán ser de atención futura. En un enfoque integral considerar otras amenazas de la geodinámica externa y antrópicas.

6.1.1 Inundaciones

Las inundaciones han sido delimitadas por la CNE, y corresponden a eventos históricos máximos, sobre una base 1:50,000 y se presentan en la Figura 17.

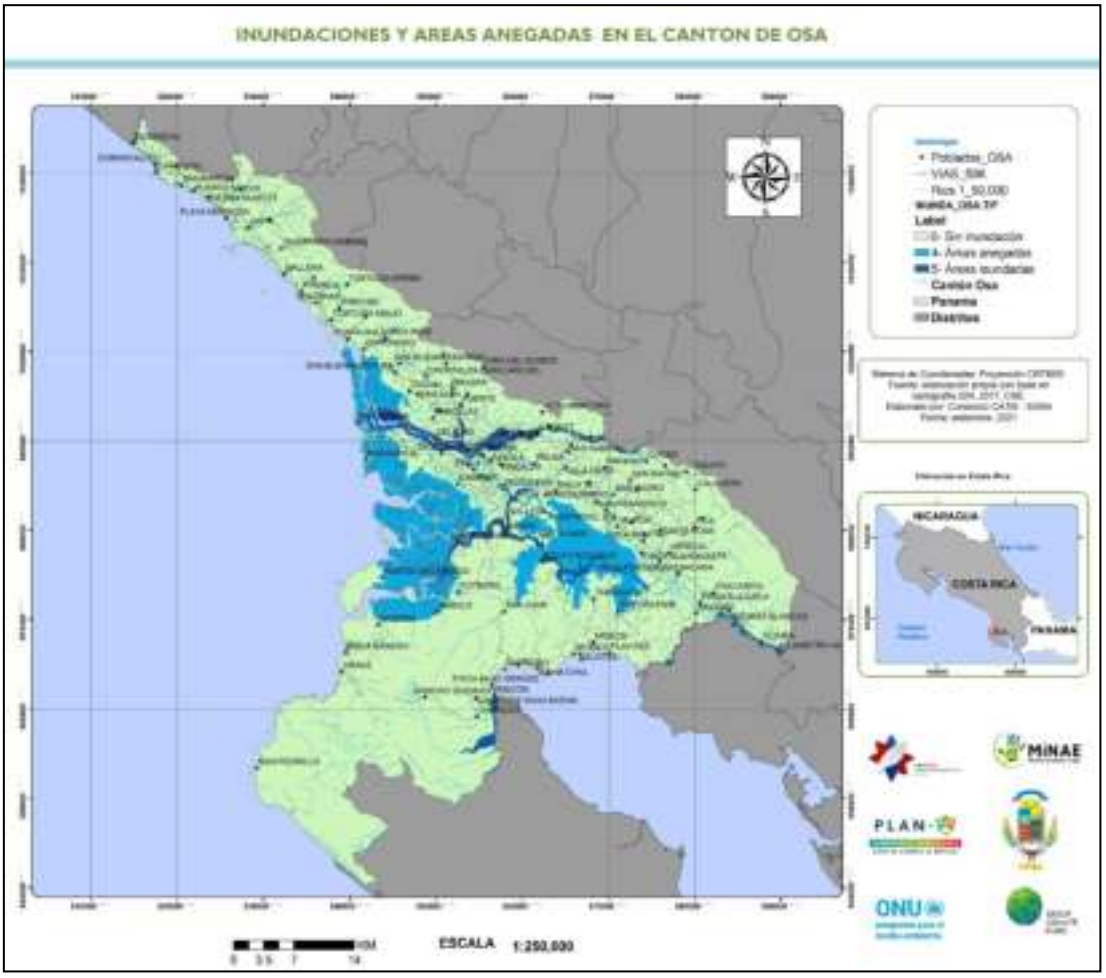


Figura 17. Inundaciones y flujos de lodo en el cantón de Osa

Fuente: Elaboración propia.

6.1.2 Inundaciones costeras

Las inundaciones costeras producto de marejadas y/o tsunamis, así como del levantamiento del nivel del mar, han sido estudiadas por Lizano O. (2014). Con esta consideración y dado que el efecto de este levantamiento obedece a una escala global, se ha utilizado el pronóstico al 2030 como indicativo de la actualidad. En la Figura 18 se incluye la inundación costera para el cantón de Osa.

Figura 18. Inundaciones costeras en el cantón de Osa.

Fuente: Elaboración propia, con base en UCR (2021)

6.1.3 Inestabilidad de laderas

En la Figura 19 se incluyen las coronas con un buffer de 50 metros y los deslizamientos demarcados por la CNE. La CNE reporta áreas de deslizamiento en los bordes de los cauces principales. Tal y como se indicó, en este mapa no se evidencian las afectaciones en los cortes y taludes ubicados en las vías porque son pequeños, aunque de gran impacto en el transporte y daños locales y/o personales.

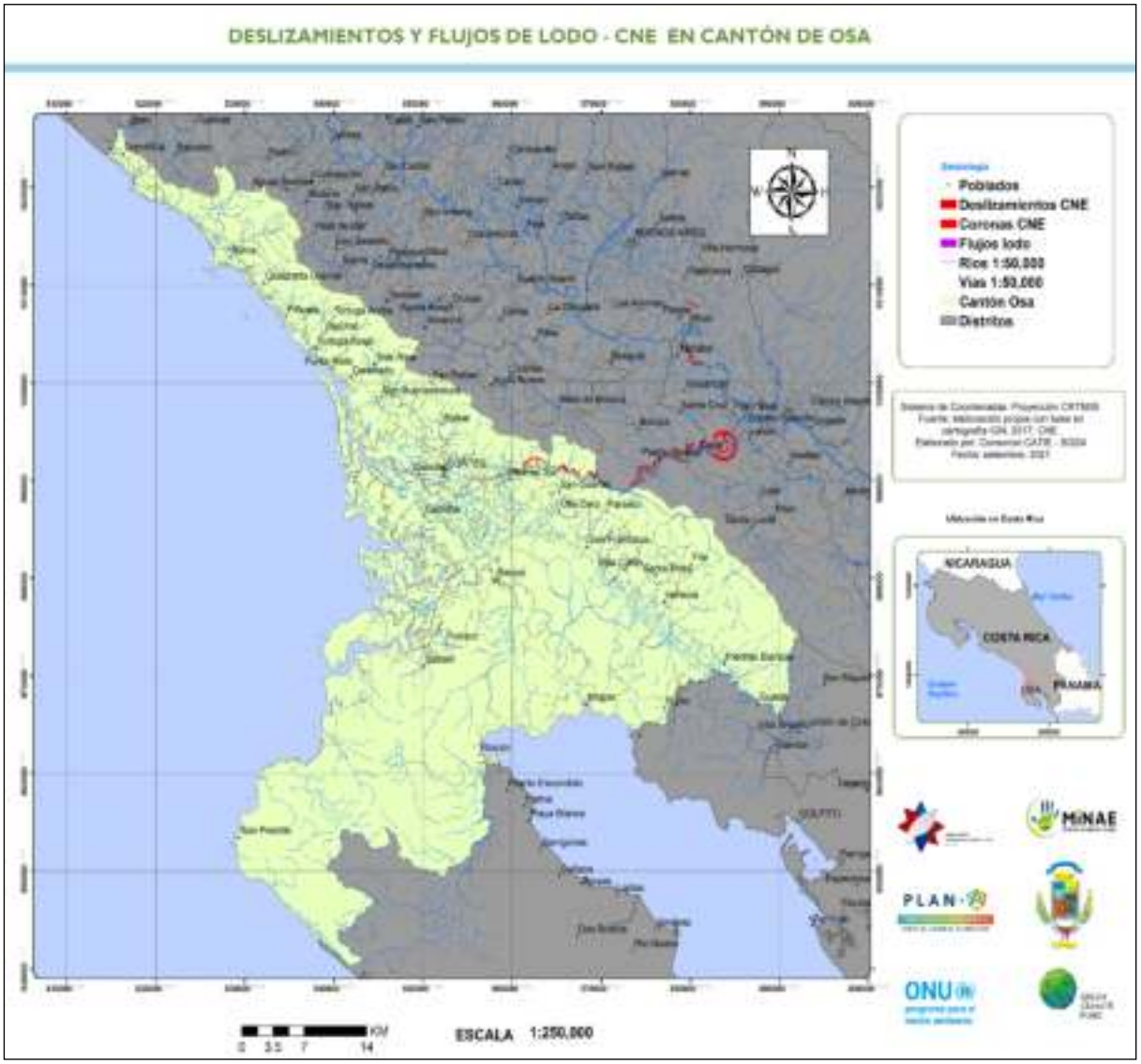


Figura 19. Inestabilidad de laderas-CNE, en el cantón de Osa. (Fuente: CNE, en SNIT[15])

[15] Sistema Nacional de Información Territorial, revisado en junio 2021. SNIT (snitcr.go.cr)

6.1.4 Erosión laminar

En el Anexo 3, se incluye un análisis de la erosión laminar con base en la metodología de pérdida universal de suelos (USLE, por sus siglas en inglés). En la Figura 20 se presenta la erosión laminar final de este análisis. En el Cuadro 14 se dan las áreas por categoría de erosión, en la Figura 21 se expresa de forma gráfica.

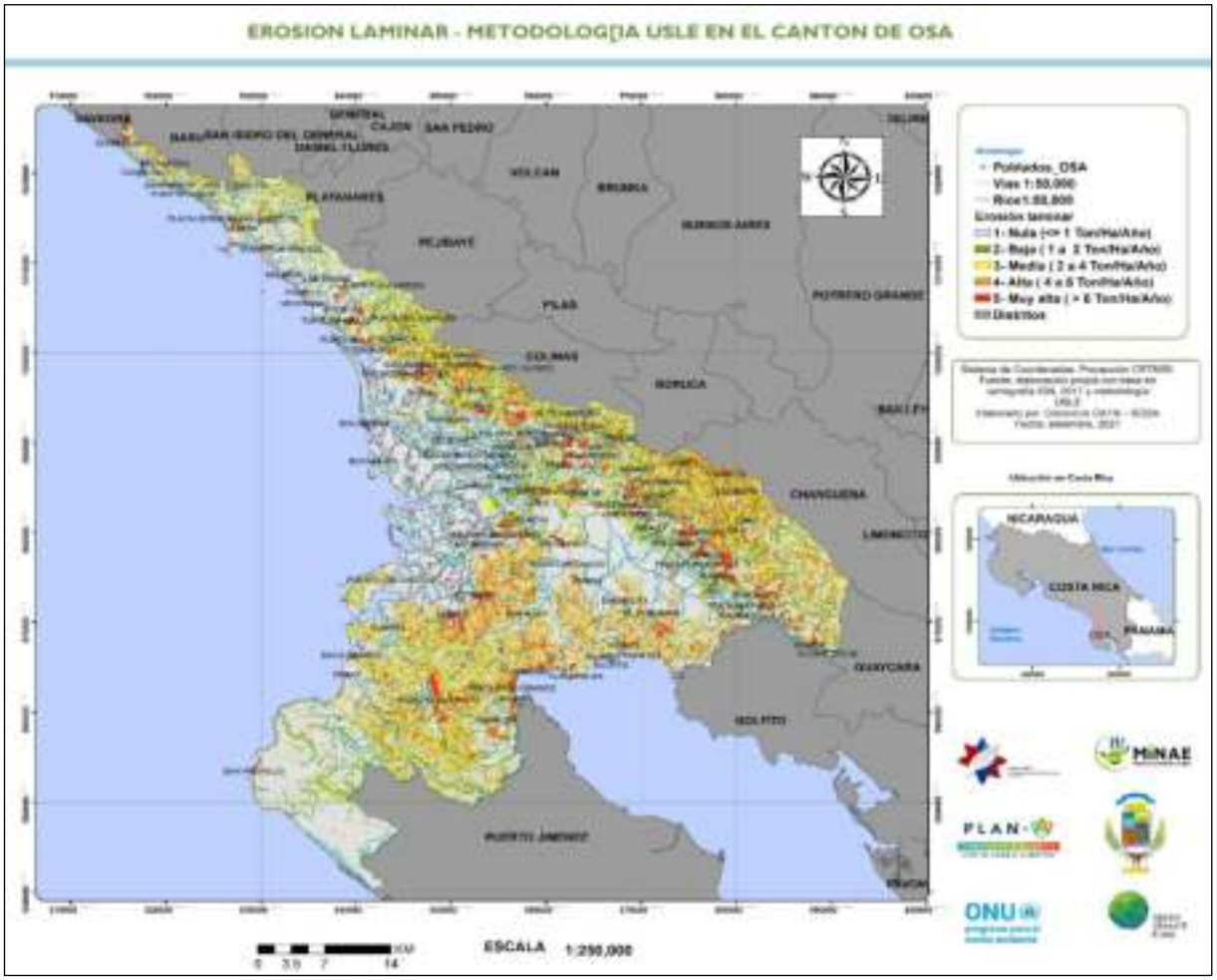


Figura 20. Erosión laminar en el cantón de Osa.
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14. Erosión laminar en el cantón de Osa

Código	Erosión (Ton/Ha/Año)	Área Km^2	Porcentaje
1	Nula (<= 1)	1200.35	64.91%
2	Baja (1 a 2 Ton/Ha/Año)	234.077	12.66%
3	Media (2 a 4 Ton/Ha/Año)	191.274	10.34%
4	Alta (4 a 6 Ton/Ha/Año)	78.1932	4.23%
5	Muy alta (> 6 Ton/Ha/Año)	145.36	7.86%
Total		1849.2542	100.00%

Figura 21. Áreas y porcentajes de erosión laminar en el cantón de Osa
Fuente: elaboración propia

Aproximadamente un 12,1% (equivalente a 223,5 Km^2) del territorio presenta una condición alta y muy alta de erosión laminar, ubicada en las partes más altas y de mayores pendientes, lo que requiere la implementación de medidas de protección / conservación de suelos, para evitar su arrastre y deposición en las partes medias, bajas y hacia las desembocaduras.

6.1.5 Inestabilidad de laderas

En el Anexo 2, se incluye un análisis de inestabilidad de laderas por la metodología (Mora S. y Vahrson G., 1994). En la Figura 22 se presenta el producto final de este análisis. El Cuadro 15 resumen las áreas de inestabilidad de laderas en el cantón de Osa.

Figura 22. Inestabilidad de laderas en el cantón de Osa, a partir de la metodología de Mora y Vahrson
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. Inestabilidad de laderas en el cantón de Osa

Código	Inestabilidad	Area Km^2	Porcentaje
1	Nula	805.57	42.99%
2	Muy baja	21.68	1.16%
3	Baja	234.67	12.52%
4	Media	611.479	32.63%
5	Elevada	182.09	9.72%
6	Muy elevada	18.42	0.98%
Total		1873.92	100.00%

En la Figura 23 se incluyen las áreas y porcentajes de la inestabilidad de laderas en el cantón de Osa.

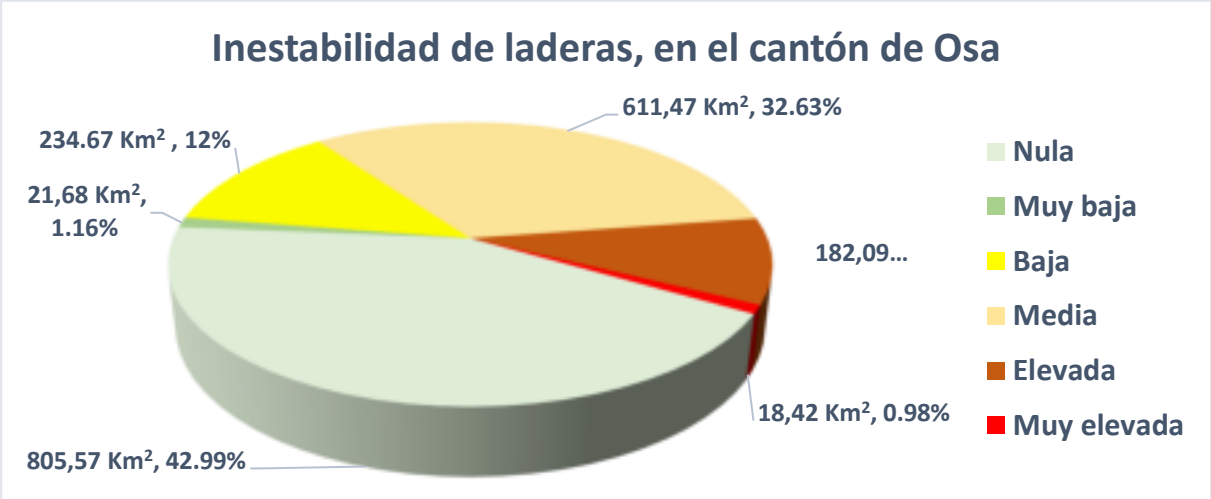


Figura 23. Áreas y porcentajes de inestabilidad de laderas en el cantón de Osa.
Fuente: Elaboración propia

6.1.6 Incendios forestales

En cuanto a incendios se recurrió a los eventos de puntos de calor del 01 de enero 2003 al 01 de agosto 2021 medidos diaramente, que lleva en archivo el Programa para Detección de Puntos de Calor mediante técnicas de percepción remota en el sistema de monitoreo y alerta temprana de incendios de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de México (CONABIO, 2021). Esta información se preparó a partir de un registro diario anual, conservando la fecha de cada evento.

La Figura 24 se muestra la distribución de puntos del calor e incendios registrados para el cantón de Osa.

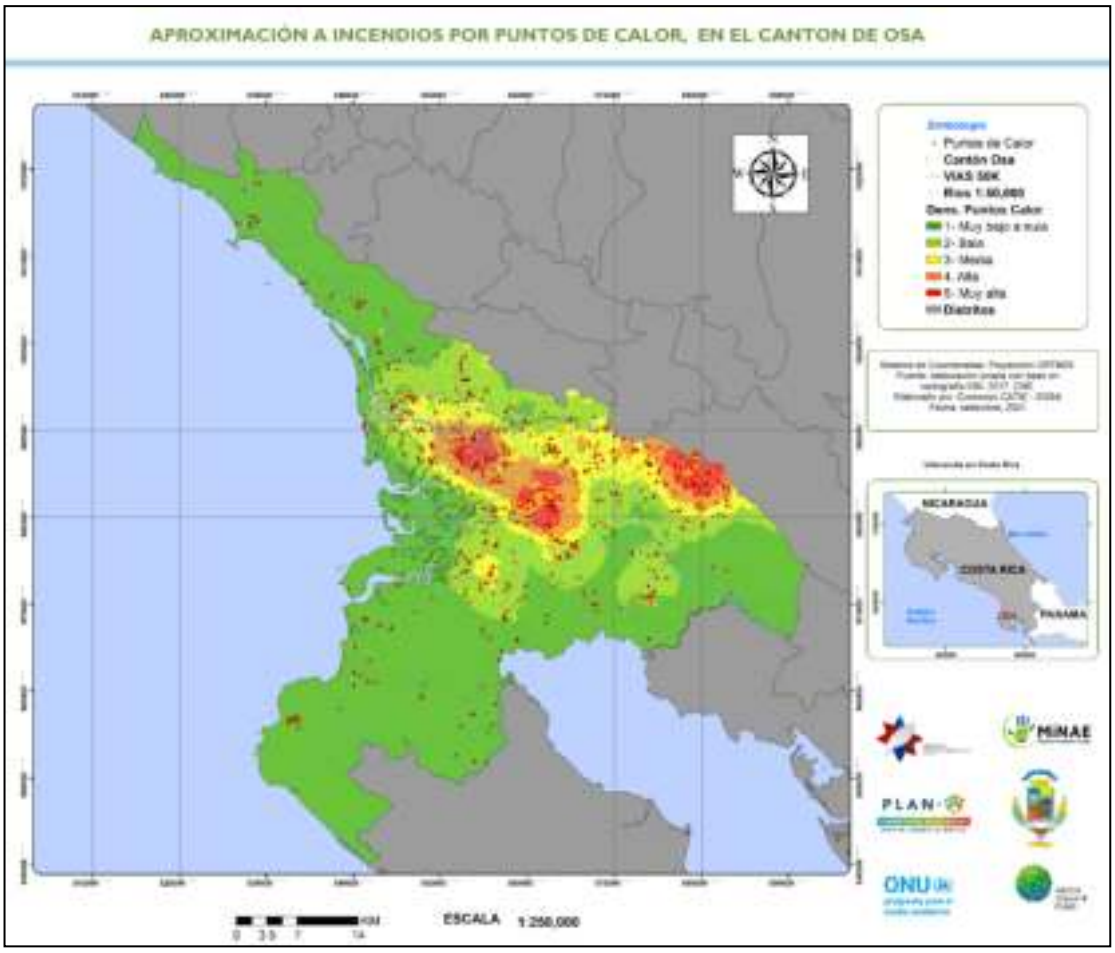


Figura 24. Incendios forestales en el cantón de Osa.
Fuente: CONABIO, 2021

Aunque los eventos de puntos de calor son un indicativo de los incendios forestales y se deben comprobar, son una aproximación a dónde se han producido los incendios forestales, y se pueden ver asociados a prácticas agrícolas o actividades de cacería principalmente en la parte central y noreste alta del cantón de Osa. También, la práctica de la quema de la basura es un disparador de los incendios forestales, aunque en ocasiones puede provocar falsas estimaciones de estos incendios.

6.1.7 Conflictos del uso de la tierra

Las divergencias o conflictos del uso de la tierra, se incluye en la Figura 25 y el resumen de las áreas por categoría de conflictos en el Cuadro 16. En el Anexo 4 se explica la forma de obtener los conflictos.

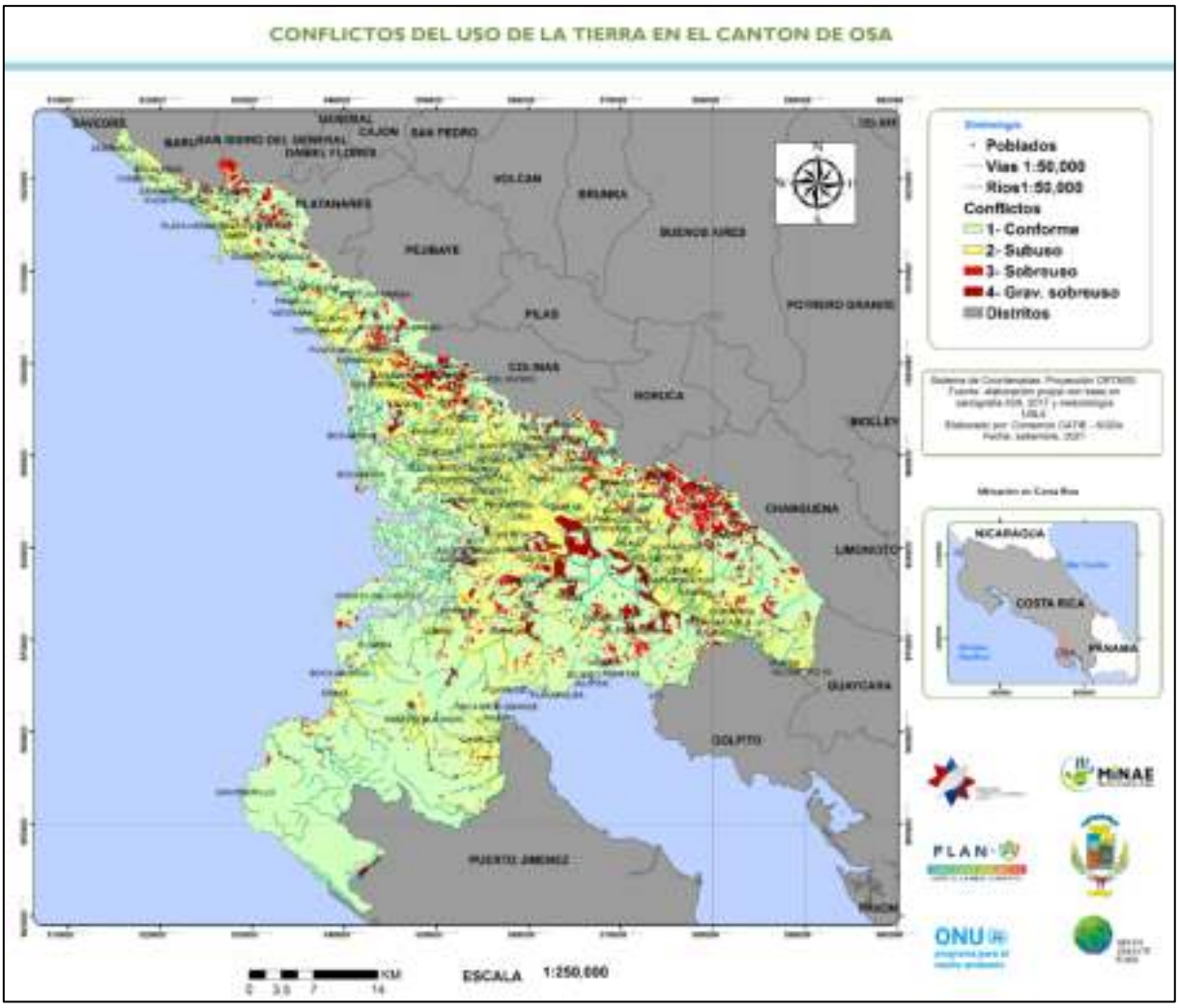


Figura 25. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Osa.
Fuente: Elaboración propia con base en mapas del uso y de capacidad de la tierra

Cuadro 16. Áreas y porcentajes de los conflictos del uso de la tierra

Conflictos del uso de la tierra	Area Km^2	Porcentaje
Conforme	1303.21	54.69%
Subuso	633.20	26.57%
Sobreuso	222.34	9.33%
Grav. Sobrexplotado	224.20	9.41%
Total	2382.94	100.00%

Dado que el análisis se realiza a nivel de archivos ráster con píxel de 10 metros, hay una pequeña diferencia despreciable en el cálculo de las áreas. Aun así, el análisis de conflictos muestra que un 9,3% aproximadamente 222,4 Km^2 están es condición de sobreexplotado, y un 9.41% equivalente a 224,2 Km^2 gravemente sobreexplotado; con un en una condición conforme del 54,7% o 1303 Km^2, y un 26,6% o 633 Km^2 subutilizados. En la Figura 26 se presentan las áreas y sus porcentajes, para el cantón de Osa.

Es recomendable implementar medidas en las áreas con conflictos de uso que permitan adaptarse a la variabilidad del clima. Aquellas áreas que no presenten un uso de bosque en altas pendientes, que se observa que son pastos con problemas evidentes de solifluxión, deben recibir medidas de adaptación para su mejoramiento, utilizando técnicas de conservación y restauración de suelos. Por otra parte, hay que realizar un mejor uso de las tierras subutilizadas.

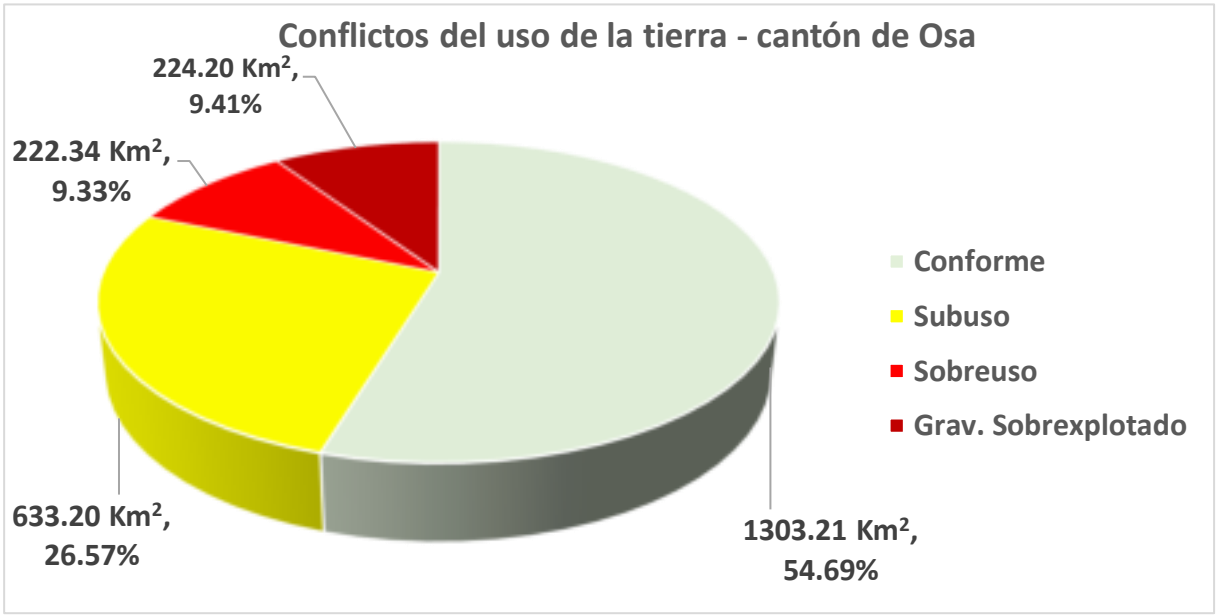


Figura 26. Conflictos del uso de la tierra en el cantón de Osa

6.1.8 Precipitación extrema

Los escenarios del Cambio Climático[16] para el cantón de Osa fueron suministrados por el estudio y geo bases de datos UCR (2021). Siguiendo el Quinto Informe IPCC[17] se cuenta con 2 de los 4 escenarios de emisión de las denominadas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés). Éstas se caracterizan por su Forzamiento Radiativo (FR) total para los años 2030 y 2050, denominados RCP 2.6 con un nivel de forzamiento muy bajo 2,6 W/m2y un escenario llamado RCP8.5con un nivel muy alto de emisiones de Gases Efecto Invernadero GEI de 8,5W/m2.

Aunque se tiene varios escenarios presentados por la UCR (2021), considerando diversas tendencias, los mismos conducen a mejores situaciones de lluvia, tanto máxima representadas

[16] Los escenarios de cambio climático son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basados en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construyen para ser utilizados de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirven a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. IPCC, 2014.

[17] Reports — IPCC

por el percentil P90 como mínimas por el percentil P10. Esto se traduce a escenarios que convergen en sus valores, aunque con variaciones espaciales, como se explicará más adelante.

Por lo anterior, se utilizó el escenario RCP2.6 del IMN, al 2030 con los estadísticos P90 y P10, que representan una escala viable de comparar el clima actual con el del escenario. Así, es posible identificar medidas de adaptación, teniendo en cuenta el marco de planificación (planes reguladores o planes de desarrollo humano cantonal, estratégicos o POAS) de las municipalidades que requieren un trabajo en los próximos años (2030) y visión a un medio-largo plazo (2050). Sin embargo, hay que recordar que aún deben determinarse las relaciones directas entre P90 y las amenazas que se dan en sitio, relacionada con la VC y CGA.

El IMN (2021) suministró una base de datos de la lluvia extrema para las condiciones húmeda y seca, por los indicadores llamados P90 y P10 respectivamente. El percentil 90 de la lluvia extrema representada por el P90 actual se definió como se presenta en la Figura 27. Los valores del P90 van de un mínimo en 0,0 mm/día a un máximo en 13,45 mm/día con una media de 9,73 mm/día.

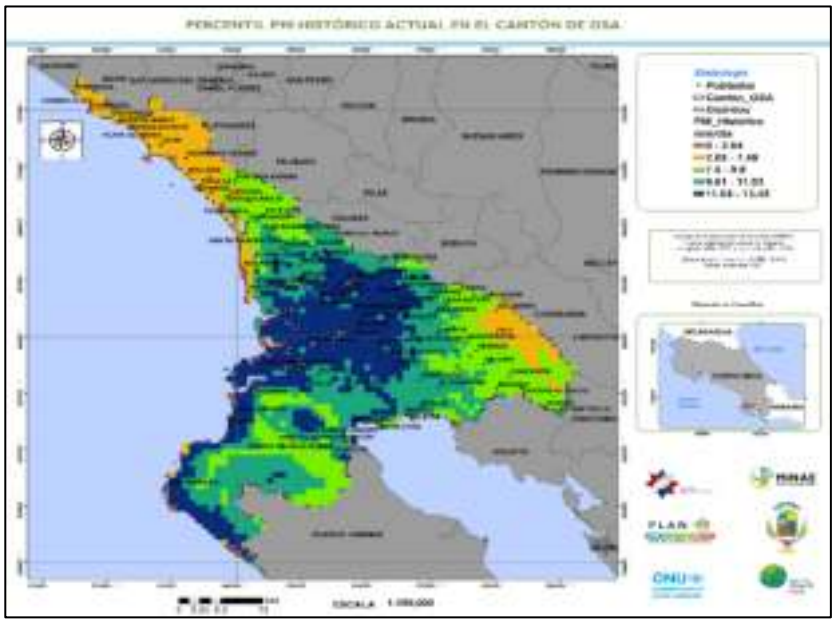


Figura 27. Percentil 90 – actual

El IMN basado en PRECIS, suministró escenarios de cambio climático, referidos a RCP2.6 cercano y medio y RCP8.5 cercano y medio, así como el actual. En las Figuras 28, 29, 30 y 31 se muestran los escenarios RCP2.6A, RCP2.6B, y RCP8.5A y RCP8.5B, respectivamente. Para el RCP2.6A los valores van de un mínimo 0,0 a un máximo de 13,49 mm/día, con una media de 9,44 mm/día. Para el RCP2.6B, los valores van de un mínimo 0,0 a un máximo de 14,48 mm/día, con una media de 10,11 mm/día.

Figura 28. Percentil 90 RCP2.6A, horizonte cercano

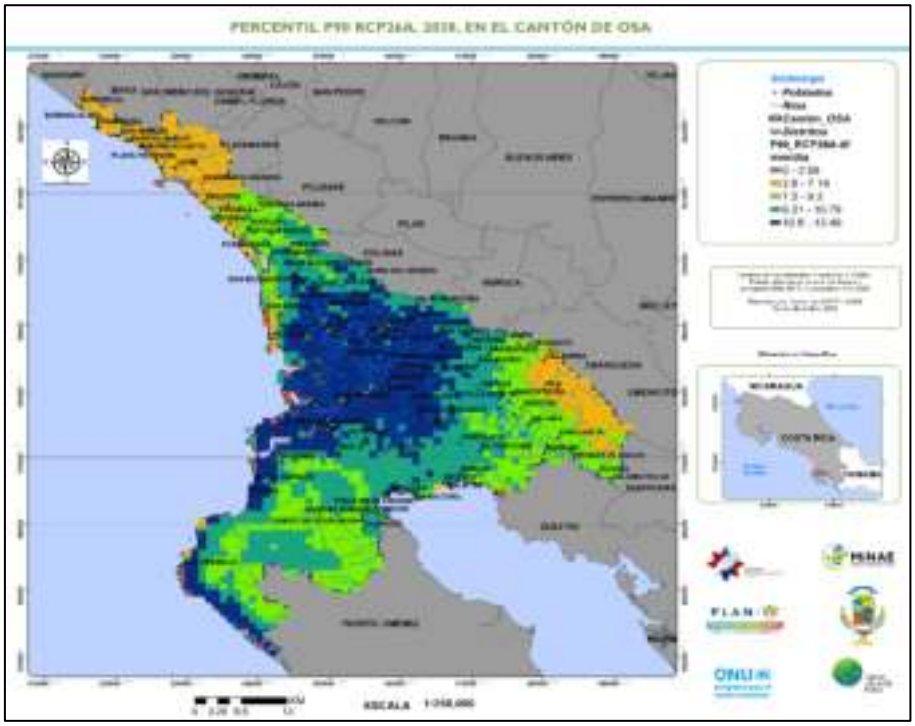


Figura 29. Percentil 90 RCP2.6B, horizonte medio

Para el P90 RCP 8.5A, el mínimo es 0,0, el máximo 13,51 mm/día y la media 9,12 mm/día. Y para RCP8.5B se tiene mínimo es 0,0 mm/día, el máximo 13,91 mm/día y la media 8,92 mm/día.

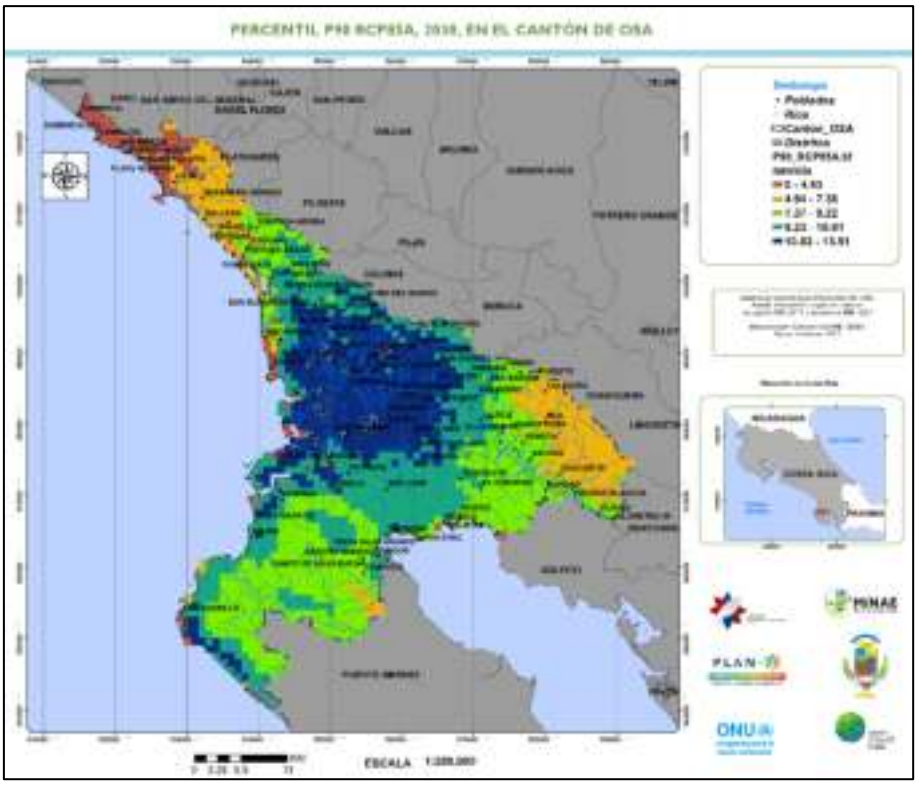


Figura 30. Percentil 90 RCP8.5A, horizonte cercano

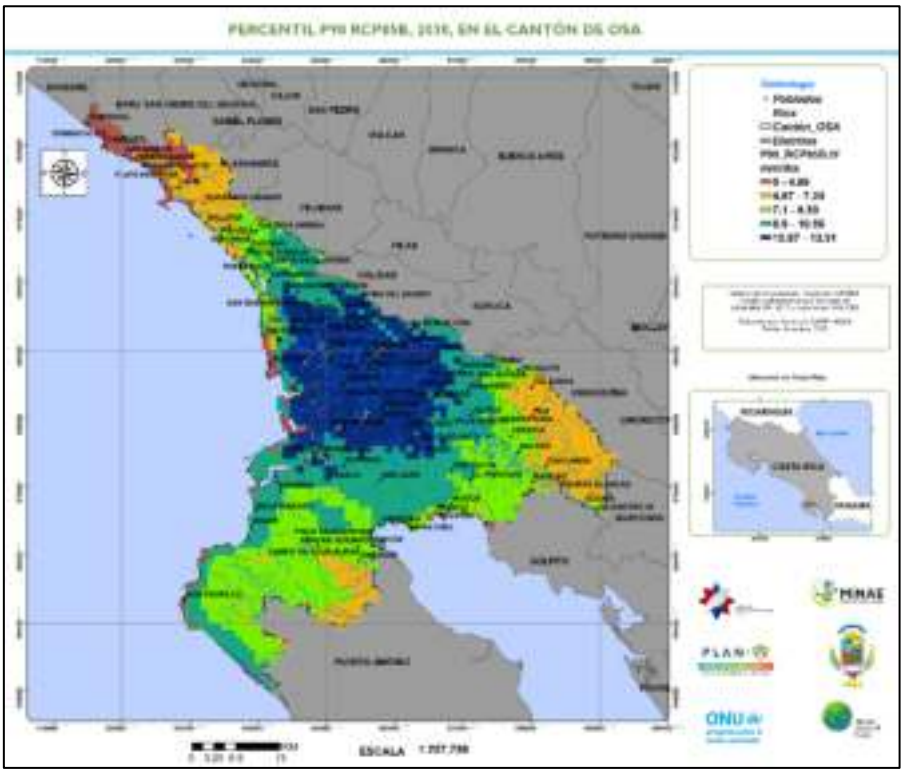


Figura 31. Percentil 90 RCP8.5B, horizonte medio

Con los extremos se propone obtener un “delta del cambio o diferencia del cambio” de los escenarios para la variable de lluvia extrema y/o de lluvia mínimas (sequía o aridez), que según el percentil estará dado por:

- Delta máximo = [Lluvia P90_2030 – P90 Lluvia actual], esta diferencia debe dar valores positivos y negativos, dependiendo de la extensión del área, que representan un porcentaje de más o de menos. Los resultados indicarían “no variación” cuando están muy próximos a 0; en caso de valores negativos, la lluvia disminuye y si son positivos, la lluvia aumenta.
- Delta mínimo = [Lluvia P10_2030, - P10 Lluvia actual], en forma similar el mínimo. Se prevé que la aridez o “sequia” se confronte por aparte con las divergencias y con el índice de amenazas integrado, en este sentido por opinión de expertos pareciera el P10 es un mejor escenario para representar la aridez meteorológica. Sin embargo, debe aclararse que son estadísticos anuales, y que la sequía se da en época de verano.

La mayor diferencia, de los escenarios anteriores, se da al 2030 (Figura 32), que corresponde al P90 RCP2.6B o cercano. Por esta razón se utiliza para determinar la máxima diferencia en porcentaje que afectará al escenario de eventos extremos máximos.

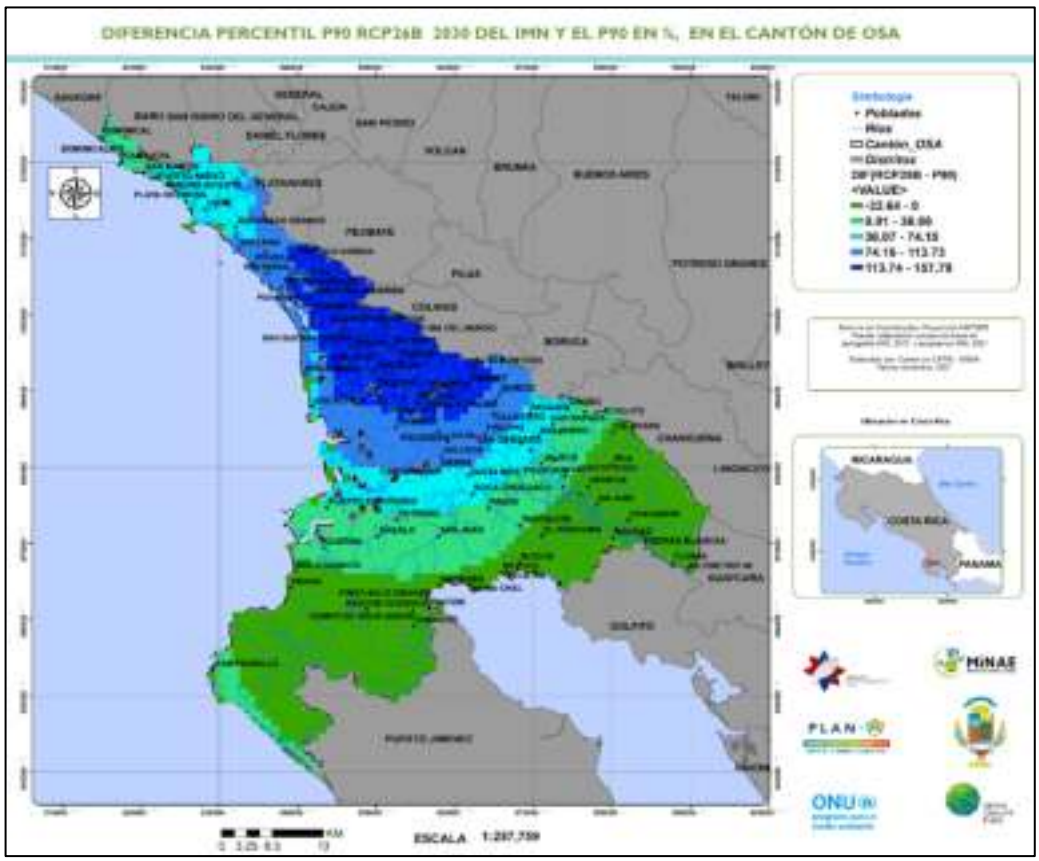


Figura 32. Diferencia del P90_RCP26B respecto P90_Hist, en porcentaje

El área azul oscuro indica donde aumentarán los eventos extremos de lluvia explicados por el P90, y el verde indica las áreas en donde los eventos por P90 disminuyen. Lo anterior se puede asociar a las amenazas disparadas por este parámetro estadístico, con lo que en Osa se prevé que esto incidirá en la exposición de las amenazas que son disparadas por las lluvias máximas en las áreas celeste y azul, y disminuirán en las áreas con tonalidades de verde.

Sin embargo, se hace énfasis en que tanto para el P90 como para el P10 no existente correlaciones que expliquen los eventos finales de amenaza sean de inundaciones, inestabilidad de laderas, flujos de lodo, u otros, tanto para el caso de lluvia máxima como para los eventos mínimos (sequías), con problemas asociados a la producción agrícola/ganadera del área y a los ecosistemas.

6.1.9 Amenazas integradas o combinadas

Dado que las amenazas se han estandarizado a 5 niveles, el análisis multicriterio permite obtener su integración. En la Figura 33, se muestran las multi-amenazas del cantón de Osa. Este producto se muestra como referencia, porque el análisis se integrará en este estudio a nivel de exposición.

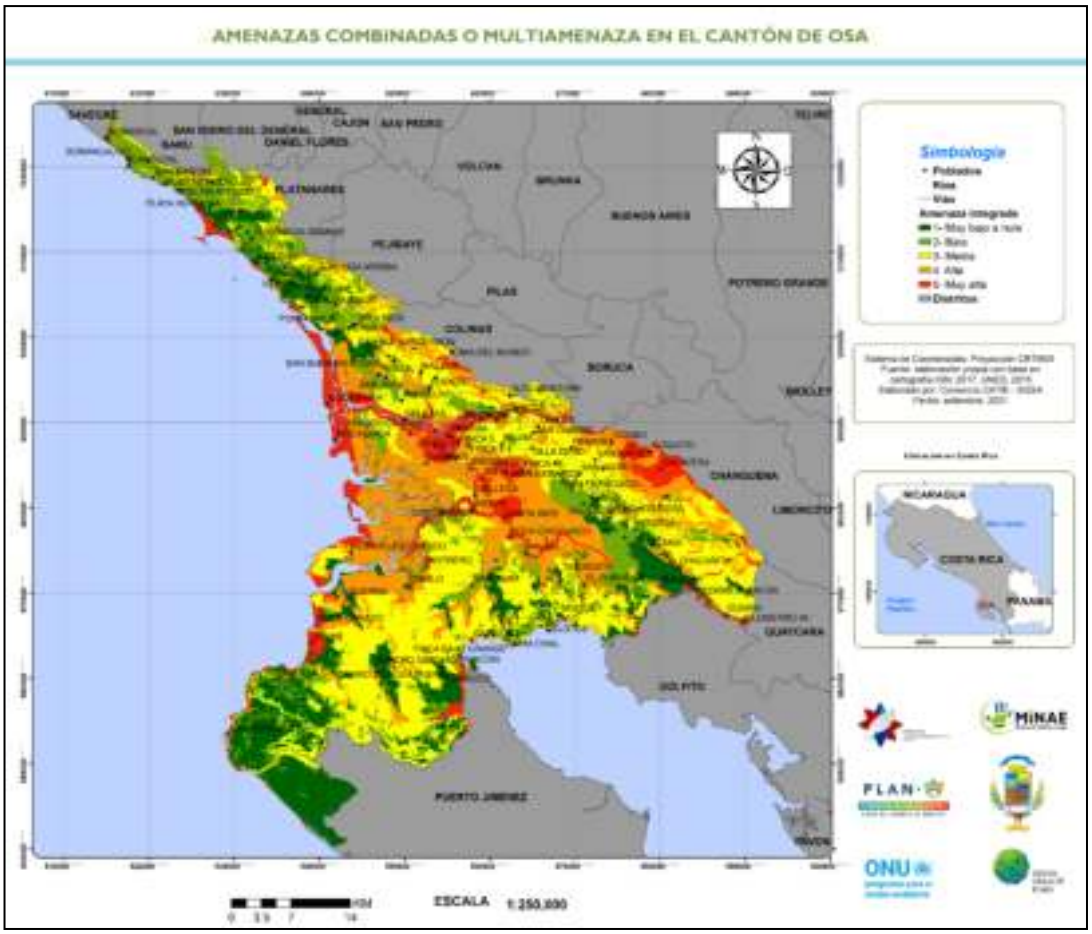


Figura 33. Multiamenazas[18] en el cantón de Osa
Fuente: elaboración propia

Aunque el mapa muestra todas las amenazas que se darían potencialmente en el cantón, su propósito es de información al usuario más que de análisis, porque al llevarse a 5 categorías de muy bajo o nulo a muy elevados, no es posible conocer cuál es la amenaza que provoca el valor o la ocurrencia temporal del evento.

[18] Es poco probable que todas las amenazas se den en un mismo tiempo y espacio, y se incluye con propósitos de utilizarse digitalmente pues en su tabla asociada se mantiene los valores de cada amenaza.

7. Síntesis de condiciones de vulnerabilidad que prevalecen en el cantón

El cantón de Osa es un territorio donde se han realizado diversos estudios; sin embargo, la información digital es escasa, dado que muchos de los estudios no cuentan con sus bases de datos. Entre estos se encuentran los estudios de PRODUS. A nivel de planes de ZMT, sí se cuenta con información. En noviembre del 2018, el Concejo Municipal del cantón de Osa añadió dos artículos a su Plan Regulador donde se establece que las empresas deben dejar de usar plástico de un solo uso y reciclar sus residuos sólidos.

Para el análisis de condiciones de vulnerabilidad, este estudio produjo un índice de vulnerabilidad llamado socioeconómico, que en realidad es más social, como lo indica (UCR, 2021). La representación de este índice de vulnerabilidad fue expresada en 10 rangos, de menor a mayor vulnerabilidad. Este índice presenta una limitación en cuanto a su representación espacial, siendo que las UGM están relacionadas con el censo de población y provocan que aquellas unidades poco pobladas representen áreas grandes. Por el contrario, la representación es mejor conforme aumenta la densidad de población, con lo que se produce una distorsión de la representación de la vulnerabilidad en las áreas poco pobladas, según se explica más adelante.

Este apartado se basa en el estudio de la UCR (2021), donde se incluye la información sobre los sistemas y sectores más sensibles, así como de las capacidades de adaptación, que en forma indirecta existen en el cantón. Esto es explicado por este informe: "se hace uso de proyecciones y extrapolaciones de estadísticas demográficas que han desarrollado el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) y el Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica (CCP-UCR). Se utilizan como base los datos censales del 2000, 2011 y proyecciones al 2025 para estimar la evolución histórica en el comportamiento de las principales variables del componente socioeconómico del modelo".

También menciona el estudio de la UCR (2021) que, para "la capacidad de adaptación se tienen dimensiones y ámbitos varios y amplios al igual que los indicadores que componen la sensibilidad. Esta similitud también constituyó un reto a la hora de la selección de los indicadores. En ese trabajo, los indicadores necesitaban caracterizar los cantones para poder apoyar a la toma de decisión a nivel local, así que se identificaron indicadores ya desarrollados a nivel cantonal adaptados a la realidad nacional. Sin embargo, como no se tenían los datos a nivel UGM, la capacidad de adaptación se trató de manera independiente de las otras variables". Esta información puede ser considerada por el municipio en las acciones que correspondan, y se relaciona a: 1) base de activos, 2) instituciones y derechos, 3) conocimiento e información, 4) innovación, y 5) gobernanza y toma de decisiones flexible y prospectiva, información general que aporta muy poco al nivel local.

7.1 Índice de Vulnerabilidad (IV) del cantón por UGM

Este índice fue estimado por la UCR (2021), con las variables presentadas en el Cuadro 17, y según se muestra en la Figura 34.

Cuadro 17. Variables utilizadas para el cálculo del índice de vulnerabilidad (UCR, 2021)

Variable	Fuente y resolución espacial	Relación
Porcentaje asistencia a la educación regular (secundaria)	Censo 2011, por UGM. Proporción de la cantidad de personas entre los 13 y 17 años que asisten a la educación regular secundaria, entre la población total de 13 a 17 años. El resultado es multiplicado por 100 para obtener el porcentaje.	Directa
Población infantil	Censo 2011, por UGM	Directa
Población adulta mayor	Censo 2011, por UGM	Directa
Población desempleada	Censo 2011, por UGM	Directa
Población con limitaciones físicas o mentales	Censo 2011, por UGM	Directa
Necesidades básicas insatisfechas	Censo 2011, por UGM	Directa
Pérdidas económicas por eventos hidrometeorológicos (colones)	MIDEPLAN, por distrito. Se asigna el mismo peso a cada distrito.	Directa
Proveniencia de agua potable.	Censo 2011, por UGM. Promedio ponderado de viviendas, según cantidad de viviendas que reciben agua de proveedor institucional (factor 0,06), comunal (factor 0,03) o no regulado (factor 0,01).	Directa
Servicios ecosistémicos	Porcentaje de área que está cubierta por SES identificados por CENIGA, por UGM.	Inversa
Áreas silvestres protegidas	Porcentaje de área que está dentro de área silvestre protegida, por UGM.	Inversa
Caminos y Carreteras	Kilómetro del total del área del distrito, por distrito, según mapa de calles 1:5000 del SNIT.	Inversa

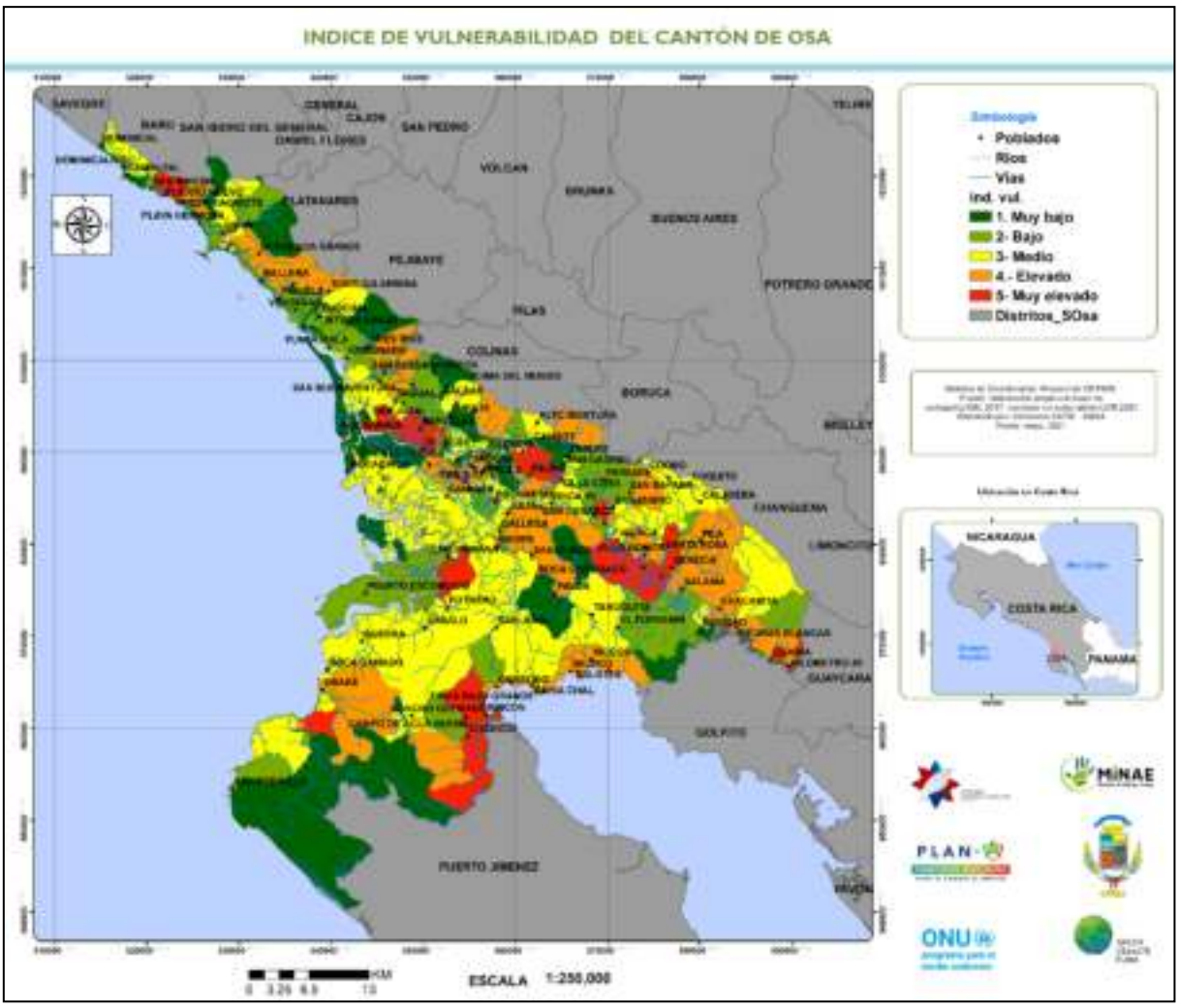


Figura 34. Índice de vulnerabilidad por UGM, cantón de Osa
Fuente: UCR, 2021

7.2 Ajuste por densidad de infraestructura y por densidad vial

A pesar de que la UGM disminuye la representación espacial del índice de vulnerabilidad, todavía expresa espacialmente áreas muy grandes que no reflejan el valor del IV, lo cual distorsiona el IV en áreas que no están pobladas, o bien son transitadas. Por esta razón, es recomendable realizar ajustes por infraestructura y/o vialidad. En las Figuras 35 y 36 se han calculado densidades por infraestructura y por la red vial, tomando en cuenta la cartografía del IGN-RN, 2017, que se utilizan para ajustar el IV, presentado en la Figura 37.

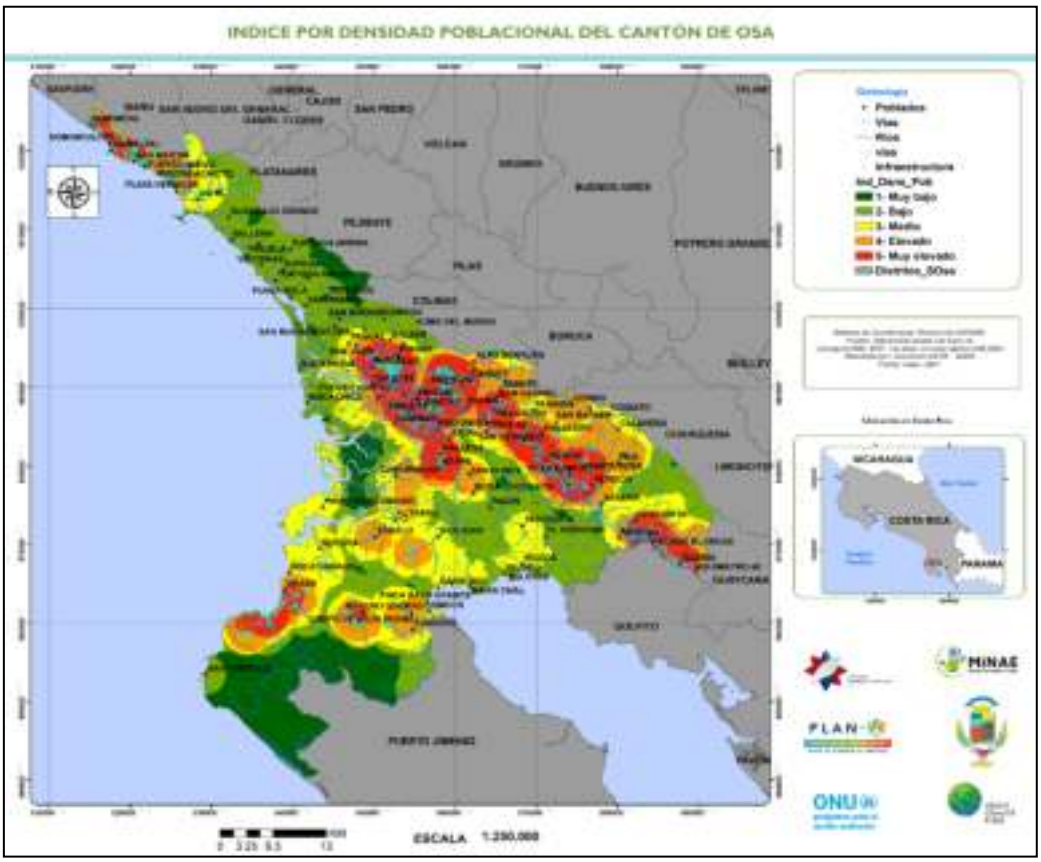


Figura 35. Densidad por infraestructura en el cantón de Osa.
Fuente: Elaboración propia con base en IGN, 2017

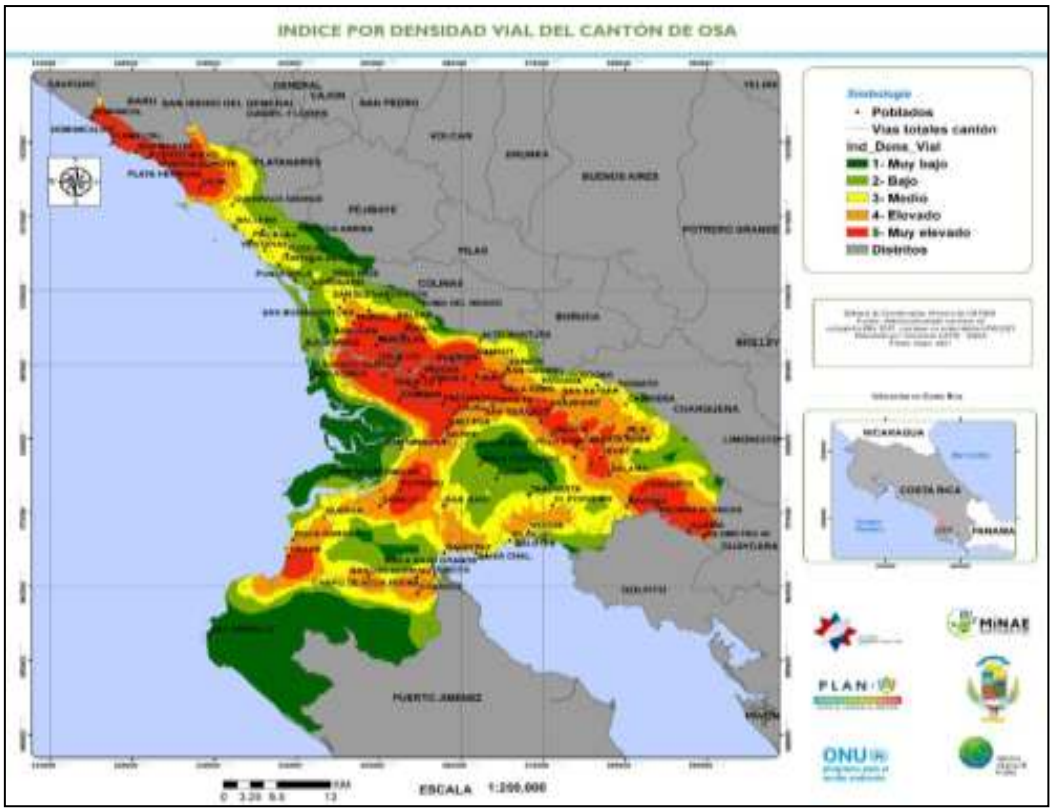


Figura 36. Densidad por infraestructura en el cantón de Osa

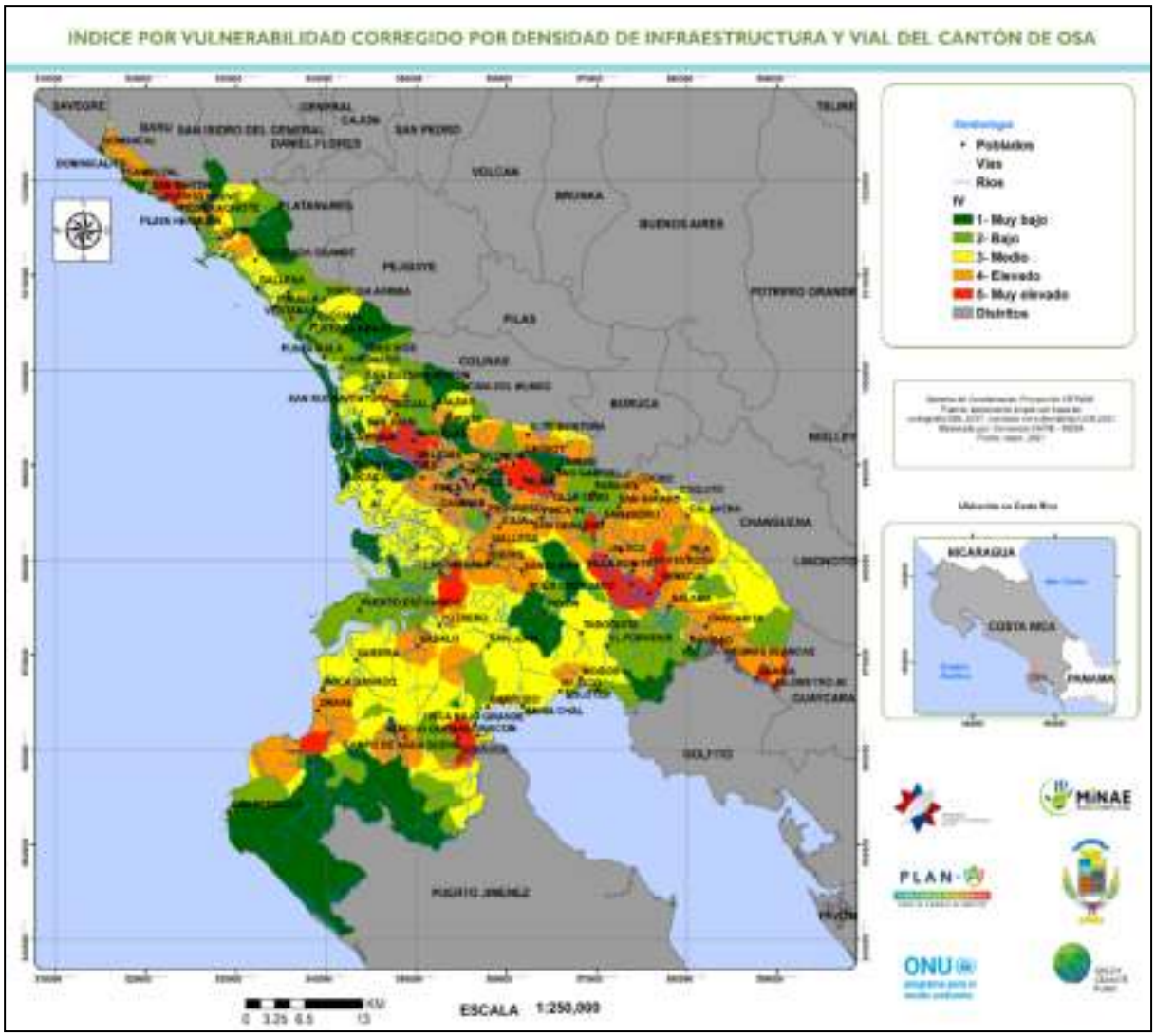


Figura 37. Índice de vulnerabilidad ajustado por infraestructura y vialidad en el cantón de Osa

Este ajuste produce espacialmente nuevas unidades de vulnerabilidad -diferentes a las UGM-, modificadas por la densidad de infraestructura asociada a la habitación o permanencia de los habitantes y con la densidad vial, relacionada con la movilidad y uso de la red vial, por parte de los usuarios finales de estas vías. Así, en tonos verdes se señalan áreas de vulnerabilidad muy baja y baja, amarillo vulnerabilidad media, y naranja y rojo elevada y muy elevada vulnerabilidad, respectivamente. Estas son las áreas con un índice de vulnerabilidad alto y muy alto, y son las áreas que resumen una vulnerabilidad de índole social y parcialmente económica. recordando que este índice no refleja otras dimensiones de la vulnerabilidad: natural, cultural, ecológica, política y otras.

7.3. Síntesis de factores de exposición a los peligros climáticos identificados.

Los factores de exposición relacionados a los peligros y amenazas climáticas en Osa obedecen a situaciones de ubicación de la población en sitios peligrosos y/con amenazas recurrentes, con las siguientes afectaciones:

a. En la parte alta en área de montaña, se dan eventos de inestabilidad de laderas en diferentes formas: deslizamientos, flujos de lodo que dañan la vía principal, así mismo alguna infraestructura, reportadas por informes de la CNE, 2012 y 2015.

b. Los eventos de inestabilidad, iniciando con los procesos de erosión laminar, se ven fortalecidos por las prácticas agrícolas y ganaderas, que han fomentado el cambio del bosque por praderas de pastos, en las partes altas de las montañas. Aquí, los procesos del uso de la tierra y las variaciones de humedad y temperatura en el suelo provocan la reptación del terreno; en particular, las huellas del ganado mayor (vacuno, principalmente) dejan en la pendiente de las laderas una serie de pequeños senderos que contribuyen, por una parte, a compactar el suelo de manera horizontal, es decir, en el sentido de las curvas de nivel o los senderos utilizados por el ganado, y por la otra, a debilitar la pendiente durante las lluvias muy intensas, tanto por el sobrepastoreo como por la pequeña remoción de tierra con sus pisadas, lo que viene a incrementar la reptación.

c. Invasión de cauces y cañones con peligro de deslizamiento, en la parte media. Los terrenos con esta situación han sido ocupados por la población que aumentan su vulnerabilidad. Esta situación, aunque es conocida, es difícil de solucionar pues conlleva a movilizaciones a sitios más seguros, asegurando que estas áreas no se vuelvan a utilizar. En todo caso reportados por la CNE son pocos sitios.

d. Hacia la costa se presentan inundaciones en sitios de la llanura fluvial, que son recurrentes, además, acá se tienes problemas de niveles freáticos expuestos o muy cercanos a la superficie lo que favorece la inundación. Las soluciones se ubican en la reubicación o no ubicarse en estos sitios, o bien convivir con esta amenaza, usando infraestructura sobre el nivel de la inundación, favorece infiltración mediante reforestación y drenajes, y otras similares.

e. En la costa se presenta el problema de alzamiento del mar y de las marejadas, capa que debe afirmarse con estudios de detalles en cuanto a la escala, pero que debe ser considerada sobre todo en los nuevos emplazamientos, y la advertencia a lo ya construido a reglamento con los permisos legales.

f. Así mismo en eventos de intensidad fuerte o de varios días se inician procesos de inundación pluvial, debido al crecimiento urbano descontrolado y sin obras de desagüe adecuado para evitar las inundaciones.

g. Aunque se indicó que la información de puntos de calor es de referencia, la misma arroja que los sitios con estas condiciones se dan en áreas de cultivos o pastos en la parte media baja del cantón.

7.3.1 Exposición actual

En el Anexo 5, se incluye el análisis de exposición de cada amenaza, integrando consideraciones de índole socioeconómica (énfasis social), así como un análisis de la erosión laminar y los conflictos del uso de la tierra.

Con esto se presenta la exposición integrada (Figura 38), sin considerar los incendios forestales, que se pueden integrar al análisis una vez que sean verificados localmente y/o por bases de datos nacionales que no fue posible acceder. El estudio de la UCR (2021), no incluyó la información de incendios forestales.

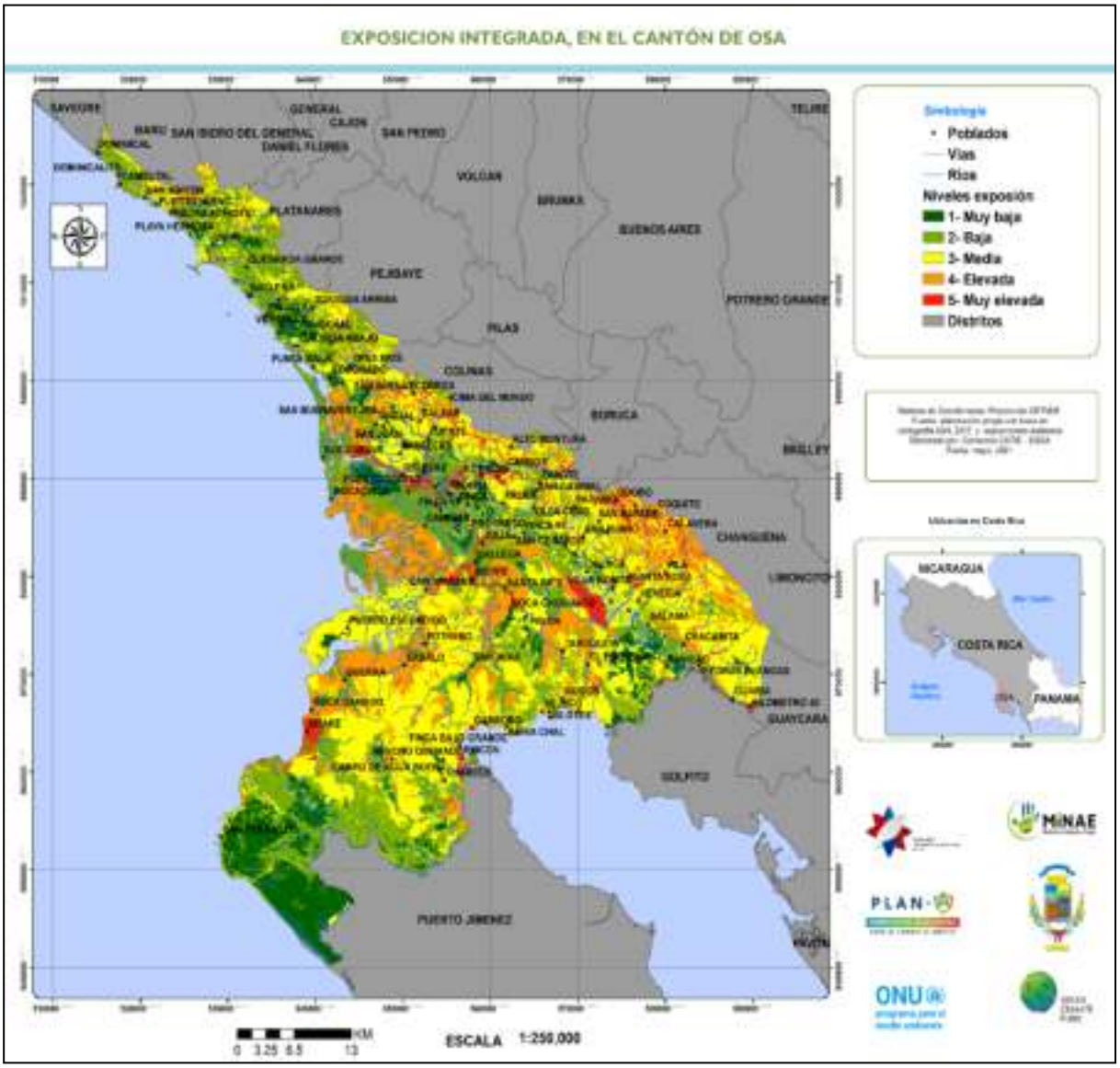


Figura 38. Exposición actual integrada o combinada en el cantón de Osa

Este mapa contempla la representación espacial de las amenazas del cantón de Osa. Se espera sea de utilidad para mejorar la zonificación propuesta del Plan Regulador al representar amenazas y sitios expuestos a estas. Este es un punto de partida para mejorar los estudios existentes e incluir amenazas de índole probabilista, entre ellas, de inundaciones y flujos de lodos y otras como licuefacción o salinización, que no se han incorporado en estos análisis.

7.3.2 Exposición futura

Para la estimación de la exposición futura, se utilizó la base de datos de PRECIS del IMN al 2030 con el escenario el RCP26B, para analizar el cambio en la exposición integrada al 2030. En la Figura 39 se muestra el efecto del P90 con el escenario RCP26B.

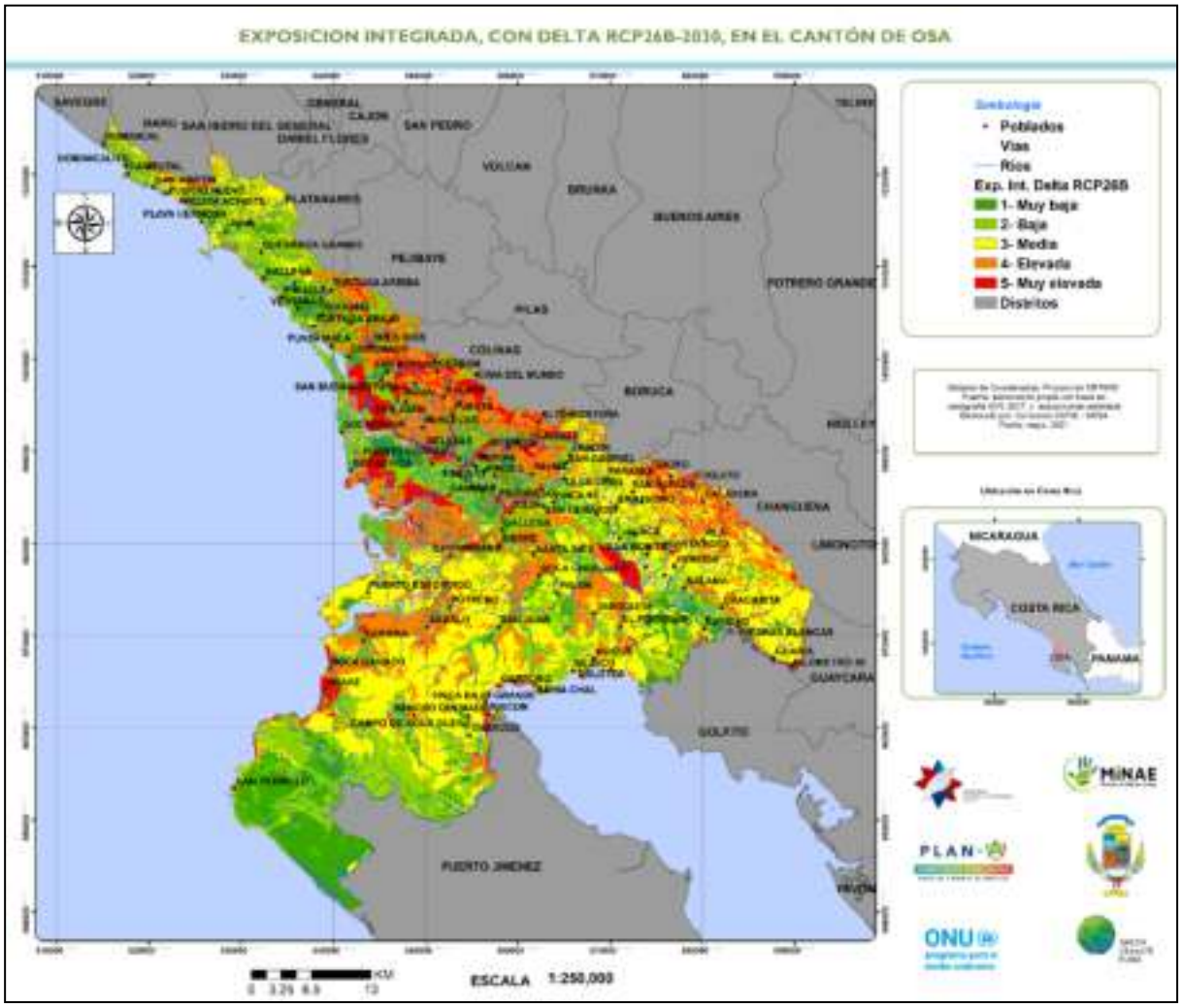


Figura 39. Exposición actual integrada, ajustada por RCP26B, al 2030 en el cantón de Osa.

Aunque el análisis es preliminar porque se están asociando impactos sean inundaciones, torrentes o flujos de lodo y otros al P90 (el cual no se ha estudiado), se observa que el índice de vulnerabilidad aumenta en la parte de central del cantón, alrededores de Puerto Cortés, y disminuye hacia el Golfo Dulce (poblado de San Juan de referencia).

7.4 Síntesis de principales impactos climáticos y "riesgos" identificados en el cantón

La identificación de impactos se completará posteriormente con información adicional provista por actores locales. Sin embargo, es claro, que los principales impactos climáticos actuales y su exposición se relacionan a los eventos de:

a. Inestabilidad de laderas incluyendo flujos de lodo, que afectan recurrentemente los servicios de comunicación vial, y los relaciones con redes de electricidad y de agua potable; asimismo, los relacionados con la ubicación en la cercanía de los cauces y cañones inestables, muchos de los anteriores señalados en los informes de la CNE.

b. Inundaciones, éstas se dan más en la parte media del cantón. Así mismo, se empiezan a dar inundaciones de índole pluvial provocadas por la falta de capacidad de las obras hidráulicas, situación que aumentará al aumentar la urbanización de las áreas.

c. La situación de la erosión del suelo es un problema grave, que comprende algunos territorios indígenas, producto de las condiciones propias del paisaje y de las prácticas culturales de convertir el bosque en pastos, en áreas que son de vocación forestal. Es indispensable mejorar esta condición pues con las lluvias más intensas y constantes, el suelo sufrirá su impacto por la falta de una cobertura adecuada, con una situación de arrastre de sedimentos que afecta las partes bajas del cantón vecino. Esto provoca problemas de bancos de sedimentos y modificación de drenaje en las partes de las llanuras de inundación.

d. En forma similar, los incendios asociados a prácticas culturales o de otra índole, se pueden aumentar en verano al contarse con situaciones de humedad y de temperatura favorables para los mismos.

e. En las partes altas, se hace necesario la protección de tomas de agua, nacientes y manantiales para asegurar la producción de agua. Lo anterior incluye los pozos, por lo que se requiere asegurar tanto las áreas de recarga y descarga hídrica del cantón, para lo que se requerirán estudios específicos.

f. Se requiere contar con un plan regulador actualizado con comprenda la gestión integrada del riesgo y dentro de ésta los análisis de la variabilidad climática y del calentamiento global antropogénico.

g. Otras amenazas como flujos de lodo y licuefacción no fueron modeladas ni analizadas en este estudio; sin embargo, se comentan porque sí hay referencias de flujos de lodo por la CNE. La licuefacción deberá considerarse en estudios futuros porque aunque el disparador es la sismicidad, la condición del tipo de suelo y su contenido de humedad son importantes de considerar.

h. En este sentido, en razón del alcance del estudio no se contemplan impactos en el ecosistema, ni en los cultivos, a pesar de que ya se han hecho estudios en el país con metodologías a partir de índices de cultivos y de variables bioclimáticas (FUNDECOR y Saborío, 2019).

i. Adicionalmente, por ser un cantón costero, es importante considerar la salinización como amenaza sobre la disponibilidad de agua dulce proveniente de pozos, los cuales son comunes en la zona. En este sentido, se recomienda realizar estudios de oferta hídrica con delimitación de acuíferos para promover proyectos de protección de recarga hídrica.

7.4.1 Impactos climáticos por cuenca – subcuencas - microcuencas

A continuación, se revisa la exposición integrada a nivel de microcuenca, con objeto de priorizar sitios para la aplicación de las medidas de adaptación. En la Figura 40 se incluye la exposición integrada por subcuencas, realizando la sumatoria de la exposición de cada subcuenca, o donde se dan más eventos. Se logra una priorización por subcuenca con posibles áreas espaciales de acción: con colores verde oscuro de muy baja prioridad hasta rojo que indica muy alta prioridad.

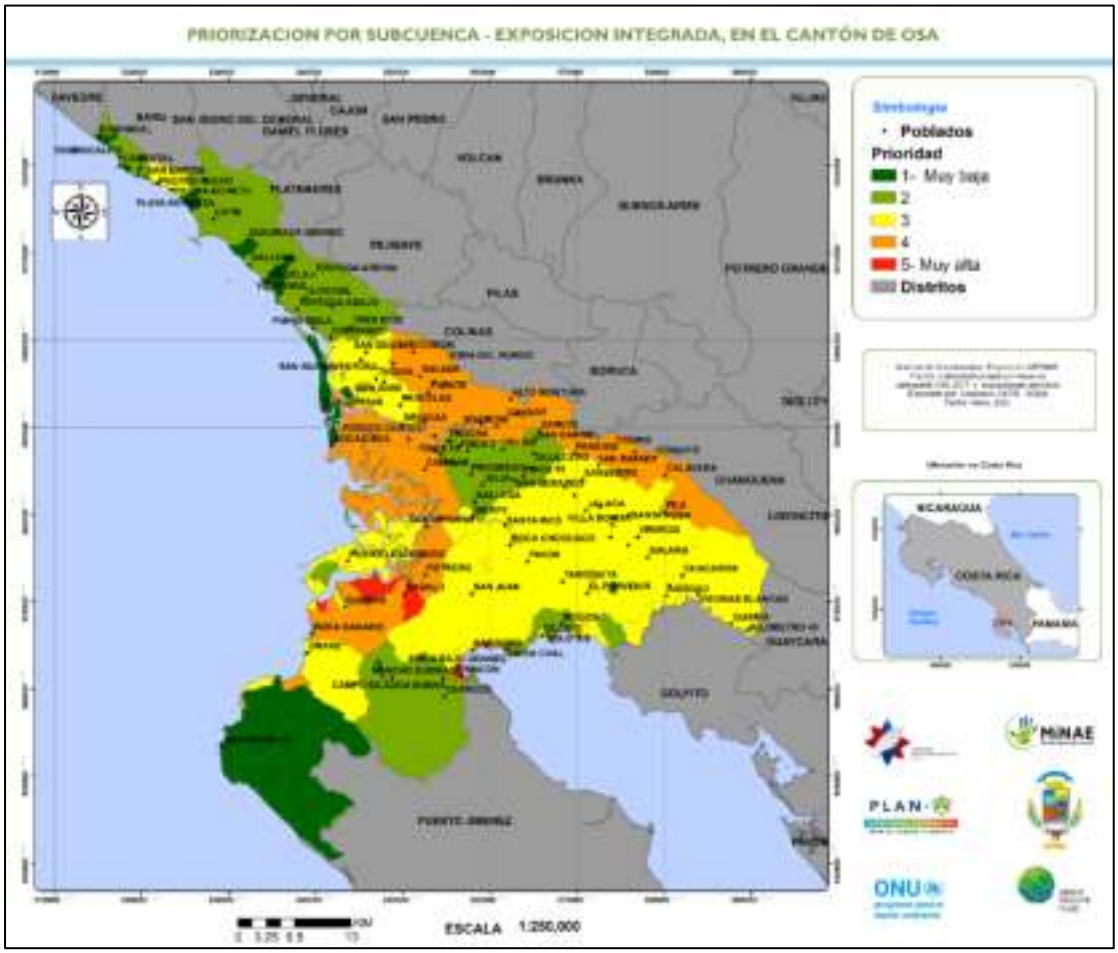


Figura 40. Priorización por microcuencas, en el cantón de Osa

Aunque hay subcuencas como las de la quebrada Cedral o Sábalo Este que se calificaron de alta prioridad; también hay áreas que resultan muy grandes en prioridad alta, por lo que la ubicación de las medidas de adaptación debe concretarse de acuerdo con las decisiones comunitarias, en forma conjunta con la municipalidad.

7.4.2 Impactos climáticos por áreas especiales

Los niveles de exposición de las amenazas consideradas para las Áreas Silvestres Protegidas (ASP) de Osa se muestran en la Figura 41. Entre estos se destacan: el humedal nacional Térraba-Sierpe, el Parque Nacional Marino Ballena, el santuario ecológico Vela Mar, el Reserva Biológica Isla del Caño, el Parque Nacional Piedras Blancas, el Refugio de Vida Silvestre Osa, el Refugio Privado Boracayán, el Refugio Mixto Rancho La Merced, el Refugio Mixto Punta Río Claro, el Refugio Mixto Quillotro, con una exposición variable. Por ejemplo, el Humedal Térraba Sierpe muestra la mayoría con bajo impacto, sin embargo, hay áreas en color naranja indicativas de una exposición alta, y algunas en rojo con exposición muy alta. Esto se repite para todas las áreas silvestres protegidas, es recomendable que el SINAC analice esta información para sus Planes de Manejo en ASP, considerando las áreas de alta y muy alta exposición, así como la tenencia de la tierra.

En los casos en que la exposición se encuentre entre el rango de muy baja a media se puede indicar que hay que mantener la vigilancia y la conservación, mientras que, si se encontrara entre alta y muy alta, es necesario revisar cada área específica y fomentar la recuperación.

En forma similar en las reservas indígenas Brunka de Curré y Salitre, aunque son parciales para el cantón de Osa, se ubican exposiciones de muy baja a muy altas, en la partes altas y muy altas se requieren de atención. En la reserva indígena Guaymí de Osa, se tiene exposiciones de muy baja a media, lo que indicaría desde el punto vista de las amenazas consideradas, que no se tienen mayor incidencia de estas.

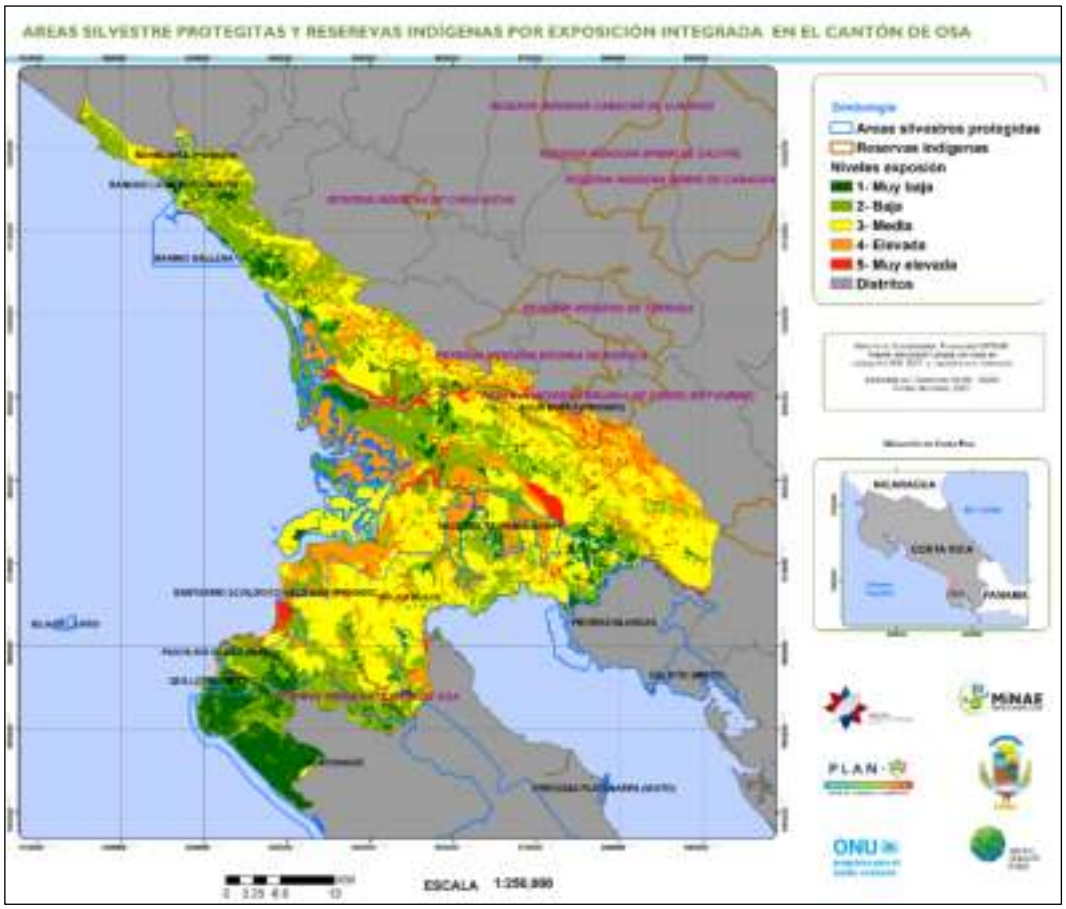


Figura 41. Áreas Silvestres Protegidas por exposición integrada, en el cantón de Osa

8. Oportunidades

Dado que el cantón de Osa ha tenido un desarrollo lineal alrededor de carretera principal, tiene la posibilidad de desarrollarse impulsando sitios seguros para la población, mejorando las actividades agroforestales en pro de los suelos y del recurso hídrico, e impulsando el turismo ecológico dada la belleza escénica de las partes altas.

Las medidas de adaptación deben enfocarse a:

1. Zonificación territorial incluyendo reordenamiento
2. Protección y conservación del suelo, incluyendo prácticas agrosilvopastoriles.
3. Protección y conservación del recurso hídrico.

En el Cuadro 18 se incluye algunas acciones de estrategias de adaptación en el cantón de Osa

Cuadro 18. Estrategias de adaptación en el cantón de Osa

Afectación	Estrategia de adaptación	Elemento del sistema en términsos sociales	Práctica			
			Mecanica	***Vegetativa***	***Cutural***	***Politica***
Uso humanso -- Agropecuario y el ecosistema	Aumentarla oferta segura de agua y hacer ruso seguro del territorio	Agua-Bosque y suelo	Arado profundo	Abonos verdes	Fomentar cultivos en invernadero	Reordenamiento territorial y gestón integrada de cuencas y áreas costeras
			Labranza conservacionista	Mulch, crear una manta orgánica en los suelos	Evitar el sobrepastoreo	Restauración y conservación de la microcuencas
			Riego eficiente-nocturno	Materia organica sobre el suelo	Rotación de cultivos	Limitar el crecimiento de tierras agrícolas y ganaderas en zonas de montaña (clases VII y VIII)
			Curvas de nivel	Cortinas rompevientos	Cosecha de agua	Promover las prácticas (conservación, recuperaación, protección,.. ., ligadas a ala medida de adaptación
			Terrazas	Cercas vivas	Evitar la quema en terrenos agropecuario	Campañas de ahorro de agua en verano
			Nivelacion del suelo	Mejorar infirlración de suelo	Agricultura urbana	Protección de las zonas de recarga de acuíferos
			Recarga artificial de acuíferos		Cambio de especies de ganado	Saneamiento de agua contaminada
			Captación de agua de lluvia		Cambio de fechas de cultivos	Promover reforestacon de areas e recarga hidrica
			Almacenamiento de agua		Especies de plantas resistentes a sequía	Conservar y recuperar áreas de protección de riberas
			Reuso de agua			Rehabilitación de la infraestructura natural (parques públicos y AP)
			Tecnologia de bajo consumo de agua: a) tanques sanitarios con abja demanda, b) regadíos			Manejo y recuperacion de manglares
			Desalinizacón			Mejoramientos de obras hidráulicas y de ingeniería incluyendoo diques, defensas y barreras en costas y malecones, asi como aumentos de la sección de alcantarillas y de puentes
						Mejora de los medios de vida, así como la supervivencia de las poblaciones tradicionales
						Construcción segura y edificios robustos ante inundaciones.
						Reducción del riesgo de desastres basada en la comunidad
						Sistemas de alerta de inundación

Fuente: Elaboración propia

Estas estrategias son una base para el trabajo con las comunidades y la Municipalidad de Osa.

9. Identificación y análisis de actores clave y sus roles en el cantón de Osa

En el Cuadro 19 se enlistan aquellos ministerios o sectores relacionados con el ambiente[19], el recurso hídrico por su relación al cambio climático, y la gestión del riesgo del cantón de Osa.

Cuadro 19. Roles de los actores a nivel cantonal, con respecto a la gestión ambiental y del recurso hídrico

Roles de actores públicos				
Oferta	**Rector**	**Supervisor**	**Ejecutor**	**Fiscalizador**
Conservación y protección, calidad y cantidad de agua, incluyendo planificación y protección del recurso hídrico, y ecosistemas	AyA MINAE MIVAH MS SENARA INVU MEP Tribunal Ambiental Municipalidades ARESEP ICE ICT MAG CNE INA	AyA ASADAS MINAE FONAFIFO CNFL SETENA SENARA SINAC-MINAE DA-MINAE DGM-MINAE IMN ICE CNE Municipalidades Contraloría General de la República Tribunal ambiental Sector educativo CFIA	AyA ASADAS MINAE ARESEP Universidades ICE CNE Municipalidades Bancos-responsabilidad social corporativa DA -MINAE INCOPESCA	MINAE MS Defensoría de los Habitantes Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia Contraloría General de la República
Demanda	**Rector**	**Supervisor**	**Ejecutor**	**Fiscalizador**
Consumo doméstico	AyA ASADAS MS ARESEP Defensoría de los Habitantes	AyA MS Sector académico Defensoría de los Habitantes Contraloría General de la República	AyA ASADAS MS ARESEP Municipalidades Defensoría de los Habitantes Universidades Acueductos municipales	Defensoría de los Habitantes Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia ARESEP Contraloría General de la República
Industrias y servicios (Consumo y vertidos)	MS MINAE SENARA Defensoría de los Habitantes Tribunal Ambiental	MS MINAE Municipalidades	MINAE MS Municipalidades ARESEP Universidades Defensoría de los Habitantes	Defensoría de los Habitantes Sala Constitucional de la Corte Suprema de Justicia Contraloría General de la República

* MINAE, AyA y otros, lideran Estrategia "Ríos Limpios: Estrategia Nacional para la recuperación de Cuencas Urbanas 2020-2030"

Fuente: Elaboración propia con a base en CNE (2013) y en Astorga, Y (2006)

[19] Ambiente en sentido amplio se refieres a aspectos biofísicos, socioeconómicos, culturales institucionales y políticos).

10. Capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa hace referencia a las capacidades que posean la población e instituciones, así como la disponibilidad de recursos, que permitan impulsar procesos de adaptación, en acompañamiento del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas.

La gestión efectiva del riesgo a los efectos e impactos del CGA implica generalmente una cartera de acciones o de proyectos de adaptación, para reducir estos y responder a los eventos y evitar proactivamente los desastres.

Estos enfoques integrados son más eficaces cuando son informados e incorporados a las circunstancias locales.

En el caso del cantón de Osa tiene un territorio muy extenso, con vías de comunicación deficientes, articulado por la carretera Costanera Sur, y donde se debe actualizar el papel de rectoría en la planificación territorial llevado a cabo por la municipalidad a través del Plan Regulador.

Por otra parte, se nota un conflicto entre los habitantes y las disposiciones de la ASP. Es un cantón eminentemente agropecuario, pesquero y turístico, donde la mitad de población se calificó como inactiva (INEC, 2011). Esta situación ha empeorado con la pandemia por el COVID19, y se requiere de incentivos para mejorar la situación.

En este contexto, se deben analizar las potenciales en cuanto a capacidad del territorio, por lo que se han planteado talleres a nivel distrital.

La propuesta de creación de un Comité Cantonal de Cambio Climático tiene lugar siempre que se mejore su gobernabilidad y se llegue a la incorporación efectiva de población local. También, es necesaria la integración del quehacer institucional con el sector privado, considerando la etnicidad del territorio. Esta estructura es necesaria para garantizar la operacionalización del Plan de Acción para la Adaptación Climática del cantón de Osa.

11. Conclusiones

- Se realiza un diagnóstico local mejorando la escala de análisis.
- La metodología empleada propuesta cumple con los conceptos de la gestión del riesgo.
- Se mejora la representación de la vulnerabilidad utilizando densidades espaciales de infraestructura y de vías de comunicación a escala 1:5;000, con lo que se cambia de UGM a nuevas unidades espaciales que redefine la vulnerabilidad, expresada en 5 niveles.
- Se realiza una base de datos a nivel local, donde resaltan el uso de la tierra, la modelación de amenazas de erosión y de la inestabilidad de laderas, el proxi a los incendios forestales que en conjunto con amenazas registradas por la CNE permiten cuantificar la exposición.
- El uso u ocupación de la tierra es fundamental en los análisis de los impactos derivados de la variabilidad climática y en la gestión del riesgo, porque permite cuantificar espacialmente la exposición, como se realizó para cada amenaza considerada.
- Se obtienen indicadores espaciales de vulnerabilidad y de amenazas con lo que se presenta la exposición a cada amenaza para la condición actual. Así, se logra obtener una exposición integrada, que permite tanto individualmente como en forma integrada una mejor toma de decisiones y la ubicación preliminar de las medidas de adaptación.
- El análisis de erosión laminar y de conflictos del uso de la tierra permite hacer consideraciones iniciales del "ecosistema" que no habían sido tomados en cuenta en estudios previos. Es importante separar estos análisis: la erosión permite identificar sitios que requieren de prácticas de manejo de suelos conservacionista y/o de rehabilitación, mientras que los conflictos de uso permiten direccionar la atención hacia áreas de conservación, protección forestal la recuperación de tierras degradadas,
- Se prioriza la exposición por amenazas de índole climática a nivel local por microcuenca hidrográfica.
- La priorización por ASP y reservas indígenas indica que se deben mantener las acciones de protección y conservación en las mismas, y establecer medidas de recuperación en las áreas degradadas.
- Las áreas de exposición elevada y muy elevada deben ser atendidas en forma prioritaria y aunque se da un acercamiento por microcuenca, pueden priorizarse acorde a las prioridades de las autoridades municipales y la población local.
- Se realiza una aproximación a la exposición futura, utilizando el escenario RCP 2.6B, al 2030, del IMN.
- Las medidas de adaptación planteadas deben complementarse con los actores a nivel local.
- Los análisis de la información suministrada en estudios previos ponen de manifiesto que la escala, referida al nivel local es referencial a una planificación dentro de estos límites. Sin embargo, se encuentran limitantes metodológicas que no permiten que los resultados se vislumbren en las escalas establecidas por la legislación nacional respecto a reglamento N° 32967 de Índices de Fragilidad Ambiental y del Plan Regulador.
- El bajar a nivel de UGM es un buen acercamiento, pero en aquellos límites en que, por su misma definición, reflejan condiciones valoradas con concentraciones de información censal que caracterizan toda la unidad, pierden su representatividad espacial.

- Por otro lado, se requiere cuantificar la amenaza real que afecta la infraestructura y el uso de la tierra, siendo que la lluvia máxima o mínima *per se* no es la amenaza. Estas son variables hidrometeorológicas que puede originarlas. Se debe considerar cómo esta lluvia actúa como disparador de las amenazas y cuantificarlas preferiblemente en forma probabilística.
- El modelamiento de la inestabilidad de laderas por la metodología Mora y Vahrson, en el Anexo 2, presenta factores que se pueden utilizar en otros análisis, como la litología, la humedad, el relieve expresado en pendientes, y los disparadores: precipitación para 24 horas y aceleración sísmica para una recurrencia de 500 años.
- De igual forma, la aplicación de USLE en el Anexo 3, reporta 4 factores que brindan información adicional del cantón: 1) erosividad de la lluvia, 2) erodabilidad de los suelos, 3) relieve expresado por el factor LS, y 4) factor de cobertura de la tierra.
- El análisis de conflictos de uso de la tierra (Anexo 4), ofrece un uso de la tierra u ocupación del uso de la tierra, así como una aproximación a la capacidad de los suelos. Esto permite cuantificar o realizar otros análisis, por ejemplo, la sobreposición de la exposición integrada con el uso de la tierra permitirá determinar los usos expuestos a las diferentes amenazas.
- Finalmente, la presentación de las áreas expuestas, a cada amenaza, en el Anexo 5, permite considerar cada exposición en forma individual, y esto constituye un paso previo a la vulnerabilidad, análisis que a futuro debe incluir las posibles pérdidas económicas.
- Para las áreas en sobreuso o con erosión extrema corresponde la aplicación de las medidas de AbE, orientadas a un reordenamiento para la recuperación del ambiente y de los recursos naturales, a la protección/conservación del ecosistema, a su vocación forestal, recarga y descarga hidrogeológica, corredores biológicos y a mejorar el manejo y conservación de los suelos.
- En las áreas expuestas a las amenazas corresponde la aplicación de las medidas de mitigación y prevención estructural y no estructural para la reducción de la vulnerabilidad, la protección de los activos expuestos, la zonificación segura del territorio, medidas de rehabilitación de manglares y de bosque ripario, y la construcción de obras grises, como complemento a las medidas AbE.

12. Recomendaciones

- Validar las amenazas modeladas (erosión laminar e inestabilidad de laderas) y la exposición presentada para situación actual, esto se efectúa parcialmente porque Osa es un cantón gran dimensión.
- Los siguientes pasos incluyen el trabajar con los actores locales identificando y validando las medidas de adaptación, sus capacidades adaptativas y la priorización para ser incluidas en el Plan de Acción para la Adaptación Climática del cantón de Osa.
- El análisis de amenazas es preliminar de tipo determinista, no probabilístico y centrado en aspectos sociales y en menor grado económicos. Se requiere avanzar en estas estimaciones, mejorando los estudios e introduciendo el análisis probabilista del riesgo para modelar las inundaciones y los flujos de lodo.
- Se deben abarcar otras dimensiones de la exposición- vulnerabilidad, para realizar un análisis que permita direccionar mejor las medidas de adaptación. La vulnerabilidad global está compuesta por el aporte de once dimensiones: natural, física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativas, ecológica, institucional. (Chaux, W, 1993). Un análisis agrometeorológico se hace necesario para incorporar la dimensión natural, un análisis de índices bióticos se requiere para incorporar el componente biológico. Se recomienda realizar un análisis cultural, educativo, técnico e institucional buscando las metodologías y los indicadores apropiados para expresarlos espacialmente.
- Realizar investigaciones que permitan mejorar los escenarios climáticos y su aproximación al futuro; es deseable que el modelado se realice a nivel mensual para poder establecer indicadores bioclimáticos e índices de cultivos que permitan ampliar el análisis de vulnerabilidad a otros sistemas, más allá de lo social y económico.

13. Bibliografía consultada

Astorga, Y. (2006). Decimotercer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Informe Final Recurso Aguas Superficiales y Subterráneas con énfasis en las principales cuencas hidrográficas. San José, Costa Rica. Disponible en: Recurso Aguas Superficiales y Subterráneas con énfasis en las principales cuencas hidrográficas (conare.ac.cr)

CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas). (2009). Relación entre la Diversidad Biológica y la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático: Mensajes Importantes del Informe del Segundo grupo especial de expertos técnicos sobre diversidad biológica y cambio climático. Disponible en: Disponible en: https://www.cbd.int/doc/publications/ahteg-brochurees.pdf20

CONABIO. 2021. Sistema de monitoreo y alerta temprana de incendios en México y Centro América. Disponible en: Sistema de Alerta Temprana de Incendios (conabio.gob.mx)

Costa Rica. 1998a. Ley de Biodiversidad 7788. Disponible en: www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=39796&nValor3=74714&strTipM=TC

Costa Rica. 1998b. Reglamento a la Ley de Biodiversidad 7788. Disponible en Microsoft Word - de-34433.doc (mag.go.cr)

CNE, 2010. Estudio de vulnerabilidad de la cuenca del rio Grande de Tárcoles.

DCC- MINAE -Plan – A. 2020. Guía para la planificación de la adaptación ante el cambio climático desde el ámbito cantonal.

FUNDECOR & Saborío, J. 2019, Análisis de la vulnerabilidad ante el cambio y variabilidad climática de los medios de vida, infraestructura productiva y servicios ecosistémicos asociados en la región de Sarapiquí Resiliente.

Holdridge, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 216 p.

ICE, 2010. Diagnóstico de la cuenca del río Grande de Tárcoles, apoyo el ESIA del PH Diquís.

IMN, 2021. Escenarios de cambio climático del Instituto meteorológico Nacional (IMN) accedido a través de Plan - A

Jiménez-Otárola, Francisco, & Benegas-Negri, Laura. CATIE (2019). Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical. *Revista de Ciencias Ambientales*, *53*(1), 153-170. Retrieved January 17, 2022. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-38962019000100153&lng=en&tlng=es.

IGN, RN. 2017. Base de datos cartográfica escala 1:5,000 y 1:25,000, accedida a través de SINAC.

INCAE. 2019. Índice de Progreso Social Cantonal. Disponible en: https://www.incae.edu/es/clacds/proyectos/indice-de-progreso-social-cantonal-2019.html.

INVU, Sf. Manual de Planes Reguladores como Instrumento de Ordenamiento Territorial. Disponible: Manual+de+Planes+Reguladores+como+Instrumento+de+Ordenamiento+Territorial (invu.go.cr)

Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. 2017. Uso y estado de los recursos: recurso hídrico. Disponible: file:///D:/Users/GAMMA/Downloads/1040.%20Uso%20y%20estado%20de%20los%20recursos%20recurso%20h%C3%ADdrico_Estado%20de%20la%20Naci%C3%B3n_Cap%C3%ADtulo%20Armon%C3%ADa%20con%20la%20Naturaleza.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (INEC). 2011). X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda. Resultados Generales. San José, C.R.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2013. Estimaciones y Proyecciones de Población por sexo y edad 1950 - 2050 / Instituto Nacional de Estadística y Censos; Centro Centroamericano de Población. -- 1 ed.-- San José, C.R.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2014. Censo Agropecuario. Estadísticas provinciales y cantones agropecuarios. Consultado marzo, 2020. Disponible en:
https://www.inec.cr/censos/censo-agropecuarío-2014?keys=&at=All&prd=All&field_anio_documento_value%5Bvalue%5D%5Bdate%5D=

INTA, MAG, 2015. Ley 7779 Ley de uso, Manejo Conservación de la Tierra. Leyenda CLC-CR para la generación de mapas de uso y cobertura de la tierra en Costa Rica

MINAE, 2018 Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático Disponible:

Sistema Costarricense de Información Jurídica (pgrweb.go.cr)

Politica_ADAPTACION_24_abril.pdf (pgrweb.go.cr)

IMN, sf. Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Disponible en: Microsoft Word - 31-Regionalizacion climatica _HP_.doc (imn.ac.cr)

IPCC, 2019. Glosario. Disponible en: SR15_Glossary_spanish.pdf (ipcc.ch)

ISO 3100. Términos y revisiones del riesgo. Mapa conceptual. Disponible en: Changing the way you learn | Mind Map (goconqr.com)

Lizano, O. 2007, Climatología del viento y oleaje frente a las costas de Costa Rica. Ciencia y Tecnología: Investigación. 25(1-2): 43-56. 2007.

Lizano, O. 2014. Algunos impactos costeros en Costa Rica debido al calentamiento global. Ambientico, 246, 23-28.

Mora, S, 2020. Glosario de términos de la Gestión del Riesgo

Mora, S; Vahrson, G; 1994. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination. Bulletin of Association of Engineering Geologists. Vol.XXXI, No.1, p.49-58. https://www.researchgate.net/publication/275971541_Macrozonation_methodology_for_landslide_hazard_determination

Mora et al; 2012. Slope instability hazard in Haiti: Emergency assessment for a safe reconstruction. Banff, Alberta, Canada. Keynote speech. Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding – Eberhardt et al. (eds) © 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62123-6. https://www.researchgate.net/publication/275961636_Slope_instability_hazard_in_Haiti_Emergency_assessment_for_a_safe_reconstruction

Mora, S; Saborío, J; 2017. Análisis de la amenaza de inestabilidad de laderas en Costa Rica (escala 1:400.000). Laboratorio de Ecología Urbana; Universidad Estatal a Distancia.

Saborío, J., ICE, 2002. Análisis de riego integral en la cuenca del río Savegre, para MINAE-AECI

Incopesca. 2011. Acuerdo sobre Área de Pesca Responsable Térraba (en línea). Consultado el 29 de marzo de 2020. Disponible en: https://www.incopesca.go.cr/acerca_incopesca/transparencia_institucional/jerarcas_decisiones/acuerdos/2011/AJDIP-193-2011%20creacion%20area%20marina%20pesca%20responsable%20tarcoles.pdf

ISO 3100. Términos y revisiones del riesgo. Mapa conceptual. Disponible en: Changing the way you learn | Mind Map (goconqr.com)

Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D. Análisis social, económico y espacial para el fortalecimiento de capacidades de adaptación al Cambio Climático del Cantón de Montes de Oro, Insumo para la planificación local, para Plan - A.

Segura-Serrano, L. 2014 Conocimiento de la dinámica fluvial como herramienta para la planificación territorial. Caso río Volcán, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica. Tecnología en Marcha. VI Encuentro de Investigación y Extensión. Pág. 12-21 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/284067003_Conocimiento_de_la_dinamica_fluvial_como_herramienta_para_la_planificacion_territorial_Caso_rio_Volcan_Buenos_Aires_Puntarenas_Costa_Rica/link/57a9af5a08aef3001529dea2/download

SGSA, CNE. 2014a. Normas y elementos básicos de gestión municipal del riesgo de desastre con énfasis en prevención, control y regulación territorial / Javier Saborío Bejarano, María del Mar Saborío Víquez, Sergio Mora Castro. – 1a. Ed. – San José, C.R. Disponible en: Gestion Municipal del Riesgo Ordenamiento Territorial.pdf (cne.go.cr)

SGSA, CNE. 2014b. Gestión municipal del riesgo de desastres: normas y elementos básicos de la gestión del riesgo para su inclusión en la planificación y el aprovisionamiento presupuestal municipal, énfasis en reducción y prevención del riesgo / La Comisión, Javier Saborío Bejarano, María del Mar Saborío Víquez y Sergio Mora Castro, coautores. - 1a. Ed. - San José, C.R.: CNE. Disponible en: https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/biblioteca/gestion%20_municipal/Gestion%20Municipal%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20Planificacion%20y%20Aprovisionamiento%20Presupuestal.pdf

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2018. Plan Estratégico 2018-2025 Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica. San José, Costa Rica. 128 p. Disponible en: Plan Estratégico 2018-2025 Programa Nacional de Corredores Biológicos de Costa Rica (enbcr.go.cr)

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2020. Políticas de Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica Disponible polticas-de-reas-protegidas.pdf (acto.go.cr)

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2007. GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica: Vol II. Análisis de Vacíos en representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). San José, CR. 100 p. Disponible: GRUAS_II_VOL_II.pdf (acto.go.cr)

UCR. 2021. Evaluación del riesgo y cartografía sobre impactos relacionados al clima en el cantón de Osa. Propuesta metodológica costo-efectiva para la generación de evaluaciones de riesgo ante impactos relacionados a la variabilidad y el cambio climático. CONT-2020-010 ATLAS 312. Para Plan - A, PNUD. FUNDACIÓN UCR,

Escuela de Geografía, Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (PRODUS), Centro de Investigaciones Geofísicas CIGEFI Autores: DEA. Pascal Girot Pignot, Mag. Lisbeth Alvarez Vargas, Dr. Hugo Hidalgo León, MSI. Agustín Gómez Meléndez, Dr. Jonnathan Agüero Valverde, Mag. María José Molina Montero, Mag. Melvin Lizano Araya, Mag. Jonathan Reyes Chaves, Dra. Jessica Roccard Pommera, Dr. Eduardo Pérez Molina, Dr. Eric Alfaro Martínez, Dra. Ana María Duran Quesada, M.Sc. Paula M. Pérez Briceño, Lic. Marcos Scott Zúñiga.

Wilches Chaux, 1993, en La Red. Lo Desastres no son naturales. Disponible en: LA RED - Los desastres no son naturales (desenredando.org)

Wischmeier, W. H., y Smith, D. D., 1978: Predicting rain/all erosion 10JieJ. USDA Agr. Res. Servo Handbook, 537.

Anexo 1. Glosario

Con el propósito de aclarar que los términos del IPCC han ido evolucionando hacia la terminología de la Gestión del Riesgo, se presenta el siguiente glosario, enfocado a definiciones del riesgo en función de la amenaza o peligro y la vulnerabilidad.

I. Definiciones del IPCC

Peligro. La ocurrencia potencial de un evento o tendencia física natural o inducida por el hombre que puede causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, la infraestructura, los medios de vida, la prestación de servicios, los ecosistemas y l**os** recursos ambientales. Informe Especial sobre Cambio Climático y Tierra - SRCCL (09/2019)

Peligro. La ocurrencia potencial de un evento o tendencia física natural o inducida por el hombre que puede causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, infraestructura, medios de vida, prestación de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. Informe Especial sobre el Océano y la Criosfera en un Clima Cambiante - SROCC (09/2019)

Peligro. La ocurrencia potencial de un evento o tendencia física natural o inducida por el hombre que puede causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, la infraestructura, los medios de vida, la prestación de servicios, los ecosistemas y los recursos ambientales. Informe Especial sobre el Calentamiento Global de 1,5°C - SR15 (10/2018)

***Peligro*.** La ocurrencia potencial de un evento físico natural o inducido por el hombre o una tendencia o impacto físico que pueda causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, la infraestructura, los medios de vida, la prestación de servicios, los ecosistemas y los recursos ambientales. En este informe, el término peligro generalmente se refiere a eventos o tendencias físicas relacionadas con el clima o sus impactos físicos. Cambio Climático 2014: Informe de Síntesis - AR5-SYR (10/2014)

Peligro. La ocurrencia potencial de un evento físico natural o inducido por el hombre o tendencia o impacto físico que puede causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, infraestructura, medios de vida, prestación de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. En este informe, el término peligro generalmente se refiere a eventos o tendencias físicas relacionadas con el clima o sus impactos físicos. Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad - AR5-WG2 (03/2014)

Peligro. La ocurrencia potencial de un evento físico natural o inducido por el hombre que puede causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como daños y pérdidas a la propiedad, la infraestructura, los medios de vida, la prestación de servicios y los recursos ambientales. Informe Especial gestión de los riesgos de eventos extremos y desastres para avanzar en la adaptación al cambio climático - SREX (05/2011)

***Exposición*.** Es la presencia de personas, medios de vida, especies o ecosistemas, funciones ambientales, servicios y recursos, infraestructura o bienes económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente. Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad - AR5-WG2 (03/2014)

Vulnerabilidad. La propensión o predisposición para verse afectada negativamente. La vulnerabilidad abarca una variedad de conceptos y elementos, incluida la sensibilidad o la susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente a la situación y adaptarse. Informe Especial sobre Cambio Climático y Tierra - SRCCL (09/2019)

Riesgo. El potencial de consecuencias adversas para los sistemas humanos o ecológicos, reconociendo la diversidad de valores y objetivos asociados con dichos sistemas. En el contexto del cambio climático, los riesgos pueden surgir de los posibles efectos del cambio climático, así como de las respuestas humanas al cambio climático. Entre las consecuencias adversas pertinentes figuran las relativas a la vida, los medios de subsistencia, la salud y el bienestar, los bienes e inversiones económicos, sociales y culturales, la infraestructura, los servicios (incluidos los servicios de los ecosistemas), los ecosistemas y las especies**.** En el contexto de los efectos del cambio climático, los riesgos resultan de interacciones dinámicas entre los peligros relacionados con el clima con la exposición y la vulnerabilidad del sistema humano o ecológico afectado a los peligros. Los peligros, la exposición y la vulnerabilidad pueden estar sujetos a incertidumbre en términos de magnitud y probabilidad de ocurrencia, y cada uno puede cambiar con el tiempo y el espacio debido a los cambios socioeconómicos y la toma de decisiones humanas (véase también gestión de riesgos, adaptación y mitigación). En el contexto de las respuestas al cambio climático, los riesgos resultan de la posibilidad de que dichas respuestas no alcancen los objetivos previstos, o de posibles compensaciones con otros objetivos de la sociedad, o de efectos secundarios negativos sobre ellos, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (véase también compensación de riesgos). Los riesgos pueden surgir, por ejemplo, de la incertidumbre en la implementación, la efectividad o los resultados de la política climática, las inversiones relacionadas con el clima, el desarrollo o la adopción de tecnología y las transiciones de sistemas. IPCC, Informe Especial sobre Cambio Climático y Tierra - SRCCL (09/2019).

Riesgo. El potencial de consecuencias cuando algo de valor está en juego y donde el resultado es incierto, reconociendo la diversidad de valores. FTN: Esta definición se basa en las definiciones utilizadas en Rosa (1998) y Rosa (2003). El riesgo a menudo se representa como la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos o tendencias multiplicadas por los impactos si estos eventos o tendencias ocurren. El riesgo resulta de la interacción de vulnerabilidad, exposición y peligro. En este informe, el término riesgo se utiliza principalmente para referirse a los riesgos de los impactos del cambio climático. IPCC, Cambio Climático 2014: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad - AR5-WG2 (03/2014).

Riesgo. Se refiere a la posibilidad, cuando el resultado es incierto, de tener consecuencias adversas en las vidas, los medios de subsistencia, la salud, los ecosistemas y las especies, los bienes económicos, sociales y culturales, los servicios (incluidos los servicios ambientales) y la infraestructura. IPCC, Cambio Climático 2014: Mitigación del Cambio Climático - AR5-WG3 (04/2014).

Percentil. Un percentil es un valor en una escala de 100 que indica el porcentaje de los valores del conjunto de datos que es igual o inferior a él. El percentil se utiliza a menudo para estimar los extremos de una distribución. Por ejemplo, el percentil 90 (10) se puede utilizar para referirse al umbral de los extremos superiores (inferiores). IPCC. Informe Especial gestión de los riesgos de eventos extremos y desastres para avanzar en la adaptación al cambio climático - SREX (05/2011

De la gestión del riesgo

Amenaza. Suceso o circunstancia física, proceso natural o antropogénico que, en el caso de haber alcanzado o superado una intensidad específica, puede implicar la probabilidad de pérdida o daño a las vidas humanas, bienes sociales, económicos y ambientales. Entre las amenazas se incluyen las condiciones latentes que pueden representar peligros futuros de origen diverso (natural, antropogénico): procesos geodinámicos, hidrometeorológicos, biológicos,

degradación del ambiente, peligros tecnológicos, construcción inadecuada de la infraestructura, ciberataques, terrorismo, pandemia, etc. Las amenazas pueden materializarse de manera individual, compuesta, en secuencia o combinada en sus orígenes y efectos. Cada amenaza se caracteriza por su lugar, intensidad, frecuencia, probabilidad, celeridad de materialización y recurrencia.

Exposición. Presencia, por su ubicación, de personas, infraestructura, medios de subsistencia, acervos culturales y patrimoniales, activos, flujos económicos, de especies, ecosistemas, funciones y servicios ambientales y naturales, y recursos, en espacios en donde se pueden materializar, con capacidad destructiva, las amenazas naturales y antropogénicas. La exposición puede evaluarse y clasificarse de acuerdo con su grado relativo, definido por su distancia a las amenazas y su capacidad destructiva.

Fragilidad. Grado o susceptibilidad de la potencialidad con la que puede ser dañado un elemento, a causa del impacto directo o indirecto de la materialización de una amenaza. La susceptibilidad puede expresarse en función de la probabilidad de que se produzcan "daños" (Efecto, negativo, en el corto plazo, sobre los bienes, acervo, capital, infraestructura, o cualquier otro tipo de estructura física -incluida la natural- y derivado de un acontecimiento caracterizado por la materialización de una amenaza natural o antropogénica) y "pérdidas" (Impacto; forma cómo se manifiesta, en el mediano y largo plazo, la materialización de la amenaza sobre los flujos económicos sobre los medios de subsistencia, rentas, salarios, beneficios, ingresos, lucro cesante, etc., producidos a raíz de los daños causados por una amenaza natural o antropogénica).

Vulnerabilidad. Probabilidad de que, en función de la intensidad de la amenaza, puedan producirse daños y pérdidas sobre los bienes, servicios y personas, según sus grados de exposición y fragilidad (inverso de la resiliencia), y que ello se manifieste sobre el deterioro de la calidad de la vida humana (muertes, heridos, afectados, desplazados, trauma psicosocial; pérdida de acceso a los servicios básicos y a los medios de subsistencia), las pérdidas potenciales sobre el valor socioeconómico expuesto y el impacto sobre el ambiente y los recursos naturales. Se involucran, además, las dificultades de la sociedad para recuperarse, luego del impacto de una amenaza, por lo menos al mismo nivel de la calidad de la vida prevalente antes del suceso.

Resiliencia. Capacidad, de los seres humanos y de los sistemas naturales, para adaptarse y resistir el efecto e impacto de las amenazas, preservar y restaurar sus estructuras y funciones básicas, hasta recuperarse hasta recobrar, lo más pronto posible, al menos la condición anterior

Riesgo. Definición literal: DRAE. Riesgo: (Del it. risico o rischio, y este del ár. clás. rizq, lo que depara la providencia). 1. m. Contingencia o proximidad de un daño. 2. m. Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguro. 3. m. Someterse al influjo de suerte o de un evento. 4. loc. verb. Estar expuesto a pérdidas. Riesgo: Sustantivo masculino. (italiano Risco, del latín popular resecum, lo que corta).

Definición práctica: Probabilidad de que se produzcan daños y pérdidas sobre los elementos expuestos, según sus características de vulnerabilidad, situación, condiciones y contexto espaciotemporal. Las causas y consecuencias no son siempre predecibles y dependen de la probabilidad combinada de la aparición de una amenaza, en un espacio y tiempo específicos, con suficiente intensidad, para producir daños y pérdidas debidos, tanto a la intensidad del acontecimiento, como a la fragilidad de los elementos expuestos: economía, vida humana, ambiente, etc. El acontecimiento puede (amenazas antropogénicas) o no (amenazas naturales) depender de la voluntad de las partes.

Anexo 2. Inestabilidad de laderas

La susceptibilidad a la inestabilidad de laderas se estima mediante el método "Determinación de la amenaza de la inestabilidad de laderas en grandes áreas y utilizando indicadores morfodinámicos de Mora – Vahrson" (1992), modificado por Mora-Saborío (2014, 2015). Este método permite desarrollar una aproximación del grado de amenaza de la inestabilidad de laderas para la cuenca del río Grande de Térraba y los eventos naturales que influencian mayormente esta condición. En este apartado se presenta un resumen del método, incluyendo la presentación de los parámetros utilizados.

Descripción del método. Este método se aplica mediante la combinación de varios parámetros y factores. Estos se obtienen de la observación y cuantificación de indicadores morfodinámicos y su distribución espaciotemporal. La combinación de los factores se realiza considerando que la inestabilidad de laderas, en un terreno formado por determinada litología, con un cierto grado de humedad y con cierta pendiente, adquiere un grado específico de susceptibilidad. Bajo estas condiciones los factores externos y dinámicos, como la sismicidad y las lluvias intensas actúan como elementos de disparo que destruyen los equilibrios geomecánicos. Es así como se considera que el grado de amenaza es el producto de la susceptibilidad y de la acción de los elementos de disparo (Mora - Vahrson, 1992).

Dada la escala a la que se aplica el método, este no es un sustituto de los análisis geotécnicos específicos. Por el contrario, es un instrumento de diagnóstico que proporciona, con cierto grado de precisión, las áreas expuestas a la amenaza de inestabilidad de laderas y, que, por lo tanto, requerirán del análisis geotécnico posterior para resolver el problema identificado. Cada factor se define mediante un índice de influencia para determinado sitio y con él, al combinarse de acuerdo con su peso específico ponderado, permite obtener un valor relativo de la amenaza en determinada extensión territorial.

Factores de susceptibilidad. Son aquellos que, intrínsecamente, forman parte de las propiedades y comportamiento del medio, es decir, que constituyen los elementos pasivos. Tal es el caso de la pendiente del terreno, su constitución litológica y las condiciones usuales de su humedad natural, esta última asociada a la climatología.

Factores de disparo. Son los que inducen desde el exterior, hacia un comportamiento dinámico activo, que a partir de las condiciones iniciales generarán, con mayor o menor intensidad, los fenómenos decisivos de movilización. Se trata de la intensidad de los sismos y de las lluvias.

Combinación de los indicadores. Para cada uno de los parámetros se define un peso relativo y específico propio, ponderando su grado de influencia. La combinación de los pesos relativos puede realizarse por medio de una ecuación empírica sencilla.

$$Ad = Susc * Disp \quad (1)$$

En donde:

Ad = Amenaza de deslizamiento
Susc = Parámetros de susceptibilidad
Disp = Parámetros de disparo

Esta ecuación nace de la combinación de los factores de susceptibilidad y los factores de disparo, los que se describen a continuación.

$$Susc = Sp * Sl * Sh \quad (2)$$

En donde:

Sp= Índice de influencia de la pendiente
Sl= Índice de influencia de la litología

Sh= Índice de influencia de la humedad del suelo

$$Disp = Ds + Dp \quad (3)$$

En donde:

Ds = Índice de influencia de la intensidad sísmica

Dp = Índice de influencia de la intensidad de las lluvias, determinado por la intensidad de la lluvia

Finalmente, la ecuación se puede separar en todos sus componentes de la siguiente manera.

$$Ad = (Sp * Sl * Sh) * (Dp + Ds) \quad (4)$$

La ecuación (16) puede considerarse como una situación extrema, por lo tanto, es la que se utilizará en este estudio. La combinación de valores y su cartografía, se realiza en forma digital por medio del Sistema de Información Geográfico. En el esquema mostrado en la Figura A2-1, se irán comentando los pasos seguido en la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos de para el área de análisis. Como se aprecia en la figura hay dos factores, que son influenciados por la climatología.

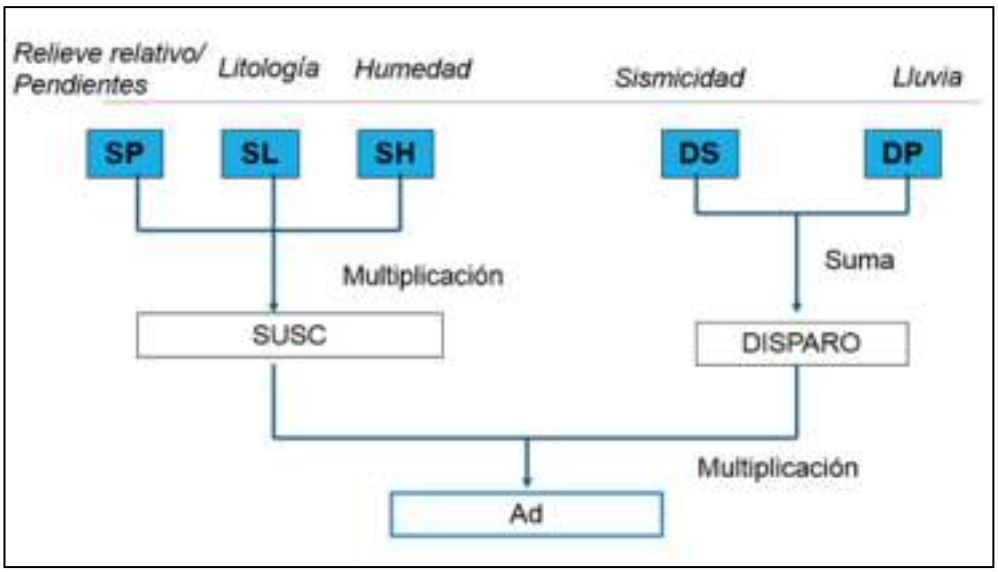


Figura A2-1. Esquema del proceso Mora & Vahrson.
Fuente: Elaboración propia con base en el modelo Mora & Vahrson, 1989.

A2.1 Factor de pendientes o de relieve relativo (SP o SR)

Este factor se obtiene de un modelo numérico del terreno, en el caso de la cuenca del río Grande de Térraba, se cuenta con un modelo de 10,0 metros por píxel. A partir de este modelo, se han calculado las pendientes en grados, que se incluyen en la Figura A2-2. Las pendientes varían de mínima en 0 grados, a una pendiente máxima muy fuerte de 84,9 grados (equivale a 1125,1%), con una pendiente promedio de 11,0 grados (equivale 20,9%) para el área de análisis. Aunque hay pendientes muy fuertes en las partes altas, empiezan a disminuir en la parte media, y aumentan de nuevo al Sur del cantón.

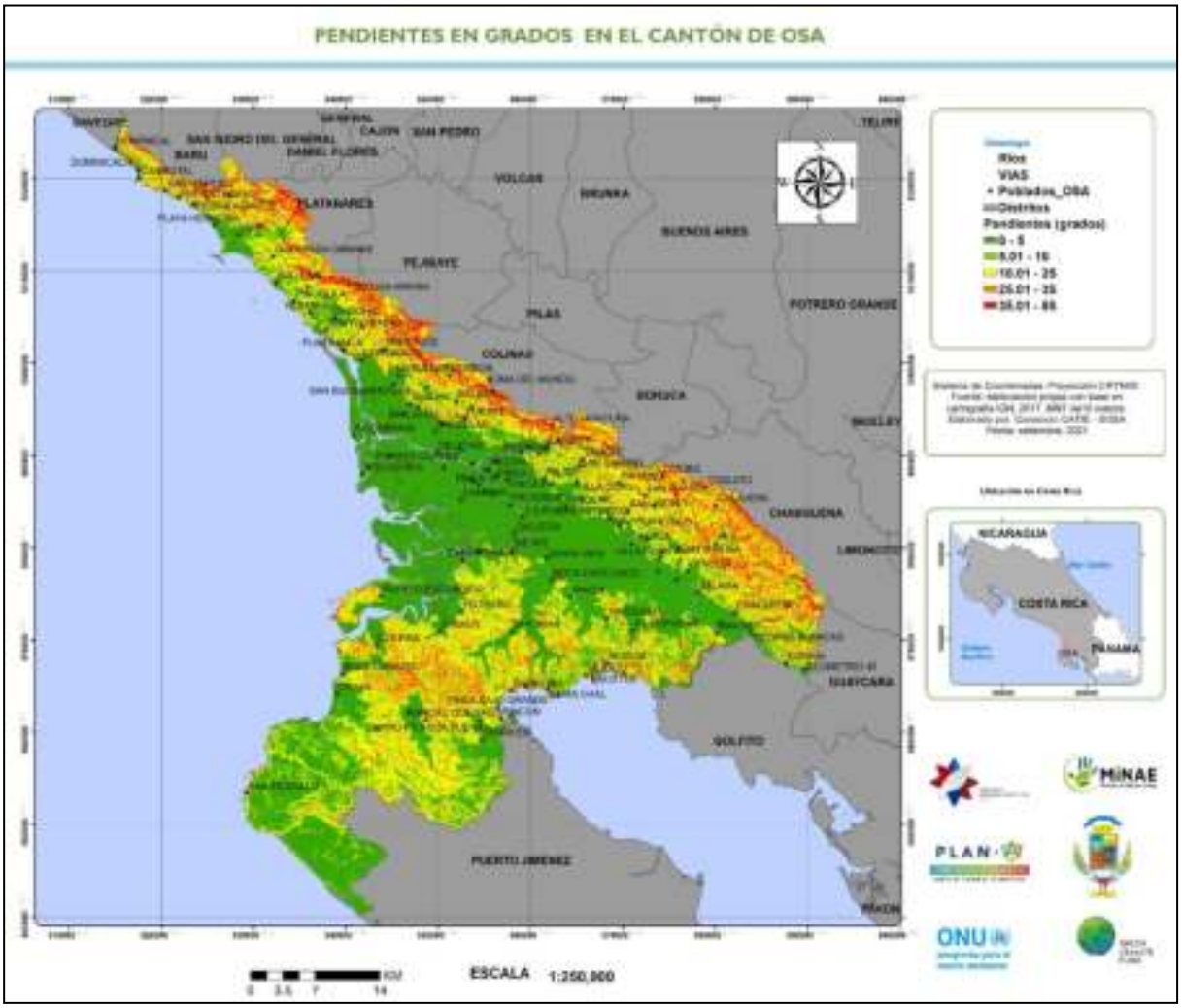


Figura A2-2**.** Pendientes, en grados, en el cantón de Osa

A partir del mapa de pendientes en grados, se produce el factor de pendientes de la metodología Mora & Vahrson, por medio de la reclasificación del mapa de pendientes en grados, de acuerdo con el Cuadro A2-1. En la Figura A2-3, se incluye el mapa del factor de pendientes.

Cuadro A2-1**.** Valores para obtener el factor SP, a partir de las pendientes en grados

Rango porcentaje	Rango en grados	Valor SP	Descripción
0 – 8	0 – 5	0	Nulo
8 – 18	5 – 10	1	Muy bajo
18 – 47	10 – 25	2	Bajo
47 – 70	25 – 35	3	Medio
70 – 100	35 – 45	4	Alto
Más de 100	Más de 45	5	Muy alto

Fuente: Mora & Saborío, 2015.

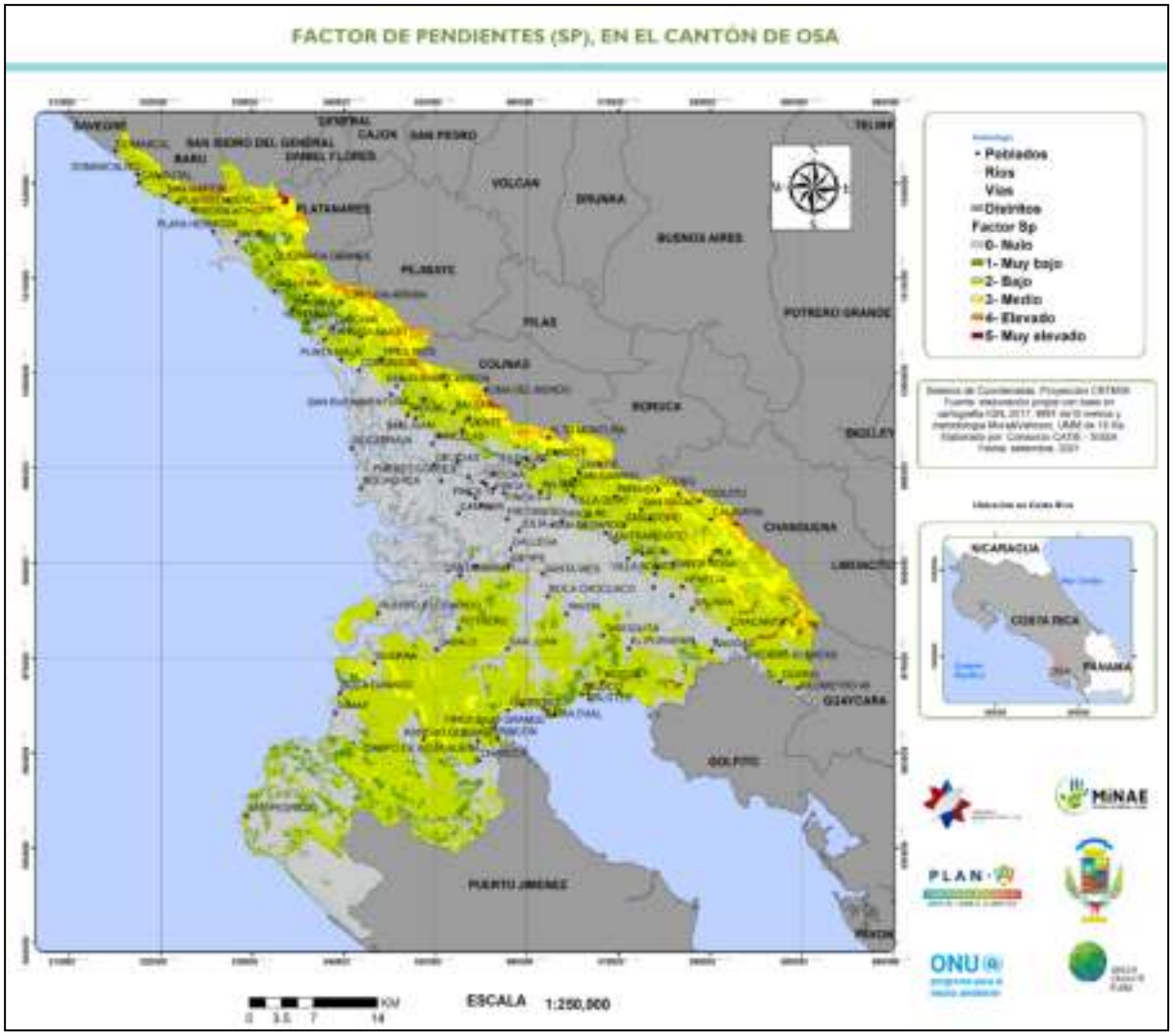


Figura A2-3**.** Factor Sp, metodología Mora & Vahrson, en el cantón de Osa

A2.2 Factor litológico (SL)

El factor SL de Mora & Vahrson, se obtiene a partir de la geología considerando la litología, Figura A2-4. En el caso del área de interés, se cuenta con un mapa geológico por formaciones,

elaborado para este estudio, por CNE, 2012, además se tomó en cuenta el mapa de este factor desarrollado con base a estudio de UNED, 2015.

Figura A2-4. Geología en área de análisis del cantón de Osa

En la Figura A2-5, se muestra el factor SL, respectivo, asignado con valores del estudio de la CNE, 2012.

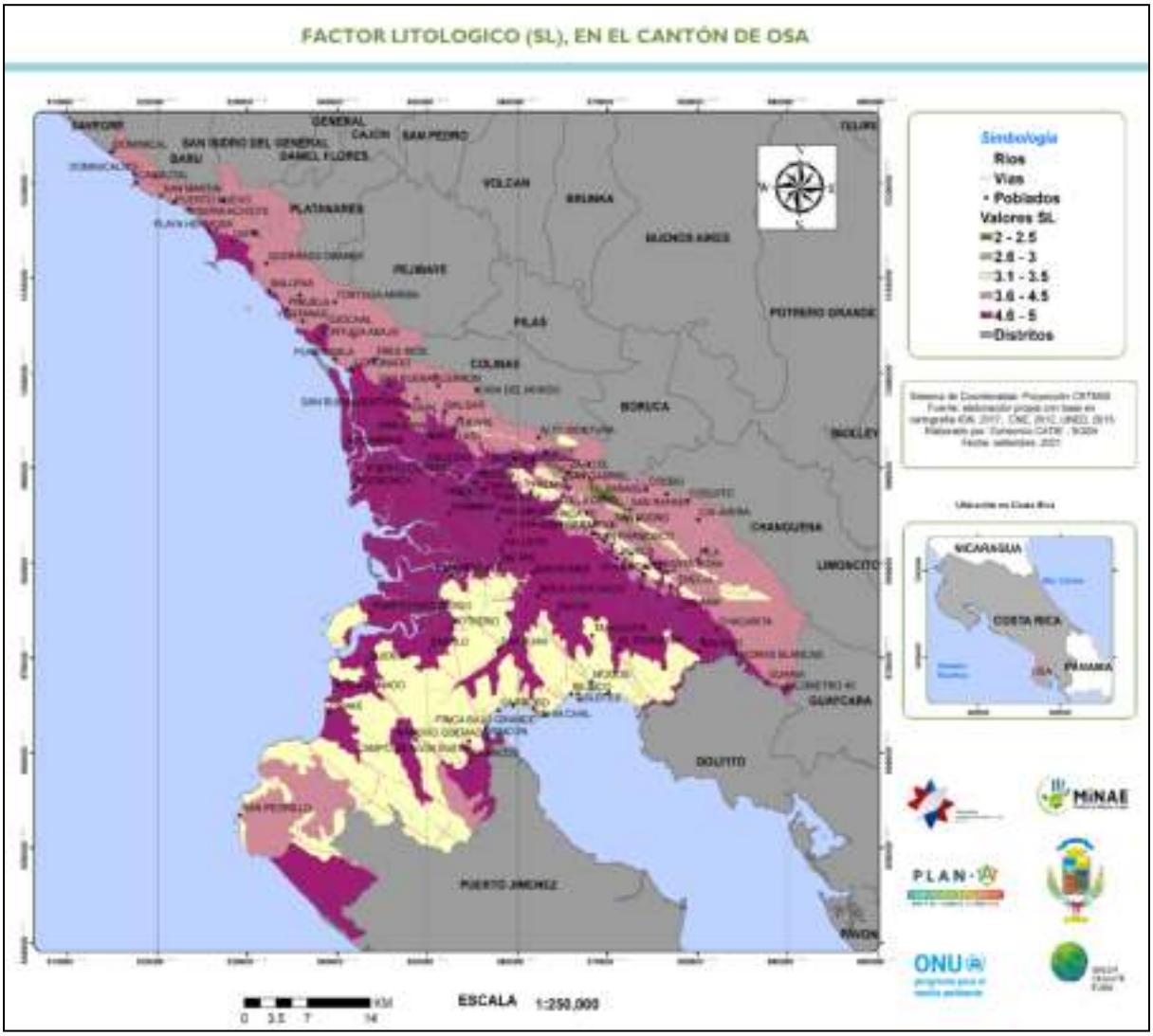


Figura A2-5. Factor litológico (Sl), en área de análisis del cantón de Osa

En contraste con el mapa del factor de pendientes, el marco geológico propicia valores relativamente bajos en la parte alta, valores elevados en la parte media y valores muy elevados en la parte media baja del cantón.

A2.3 Factor de humedad (SH)

El factor de humedad proviene de un balance hídrico, originalmente basado en la lluvia promedio, menos la evaporación real. En el caso del área de análisis, al contarse con un balance mensual de la recarga y un mapa de la porción de la precipitación que infiltra), el proceso se simplifica, pues es precisamente el agua de la recarga hídrica la que da el valor de humedad del suelo y, eventualmente la que influye en la generación de las presiones intersticiales en el terreno. El mapa ha sido ajustado a la línea base de precipitación de IMN, 2019.

A partir del mapa de la precipitación que infiltra, se deduce el factor de la humedad del suelo, llevado a cabo mediante una función lineal. El factor de humedad, de la metodología Mora & Vahrson, se muestra en la Figura A2-6.

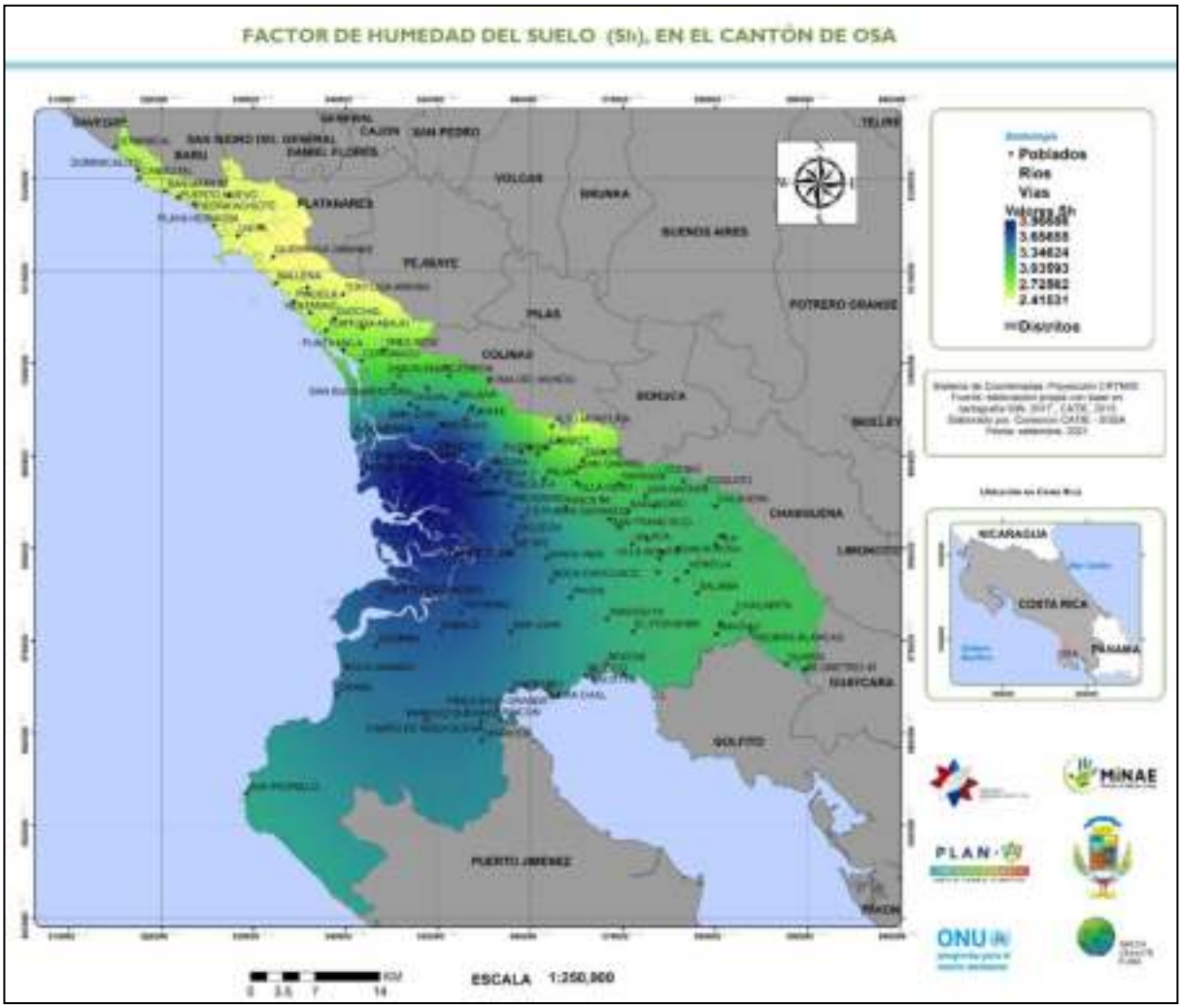


Figura A2-6. Factor de humedad (Sh) de la metodología Mora & Vahrson, en el cantón de Osa

A2.4 Susceptibilidad potencial a deslizamientos, factor SUSC

La multiplicación de los factores de pendientes, litología y humedad produce el mapa de áreas potenciales a deslizamientos. Este mapa se muestra en la Figura A2-7. Los rangos son indicativos, porque la metodología Mora & Vahrson indica que, a mayor valor, hay un mayor potencial de deslizamientos debido a las condiciones de la topografía por pendientes, la geología de acuerdo con la litología de las formaciones y la humedad del suelo; en este el caso el valor mayor es próximo a 125, siendo el máximo 63, según la metodología.

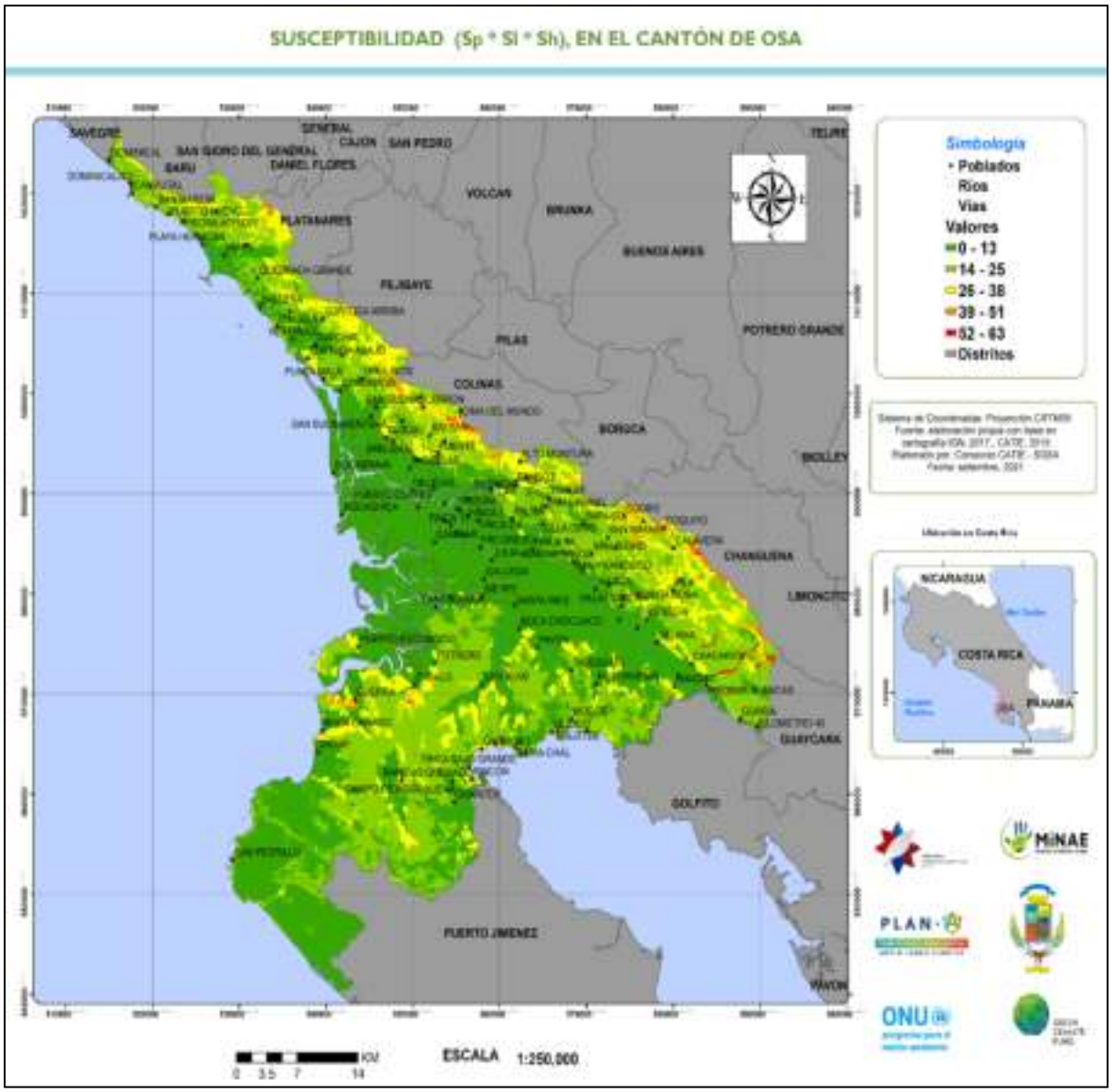


Figura A2-7. Susceptibilidad potencial a deslizamientos – Mora & Vahrson, en el cantón de Osa

A.2.5 Disparo por sismicidad DS

Para deducir el factor de disparo por intensidad sísmica, utilizó el mapa de aceleraciones máximas (pico; PGA) para un período de recurrencia de 500 años (Figura A2-8), del proyecto RESIS II, en este caso interpolado para un pixel de 10 metros dentro del área de análisis.

Figura A2-8. PGA en Gales, período de recurrencia de 500 años, para el área de análisis.

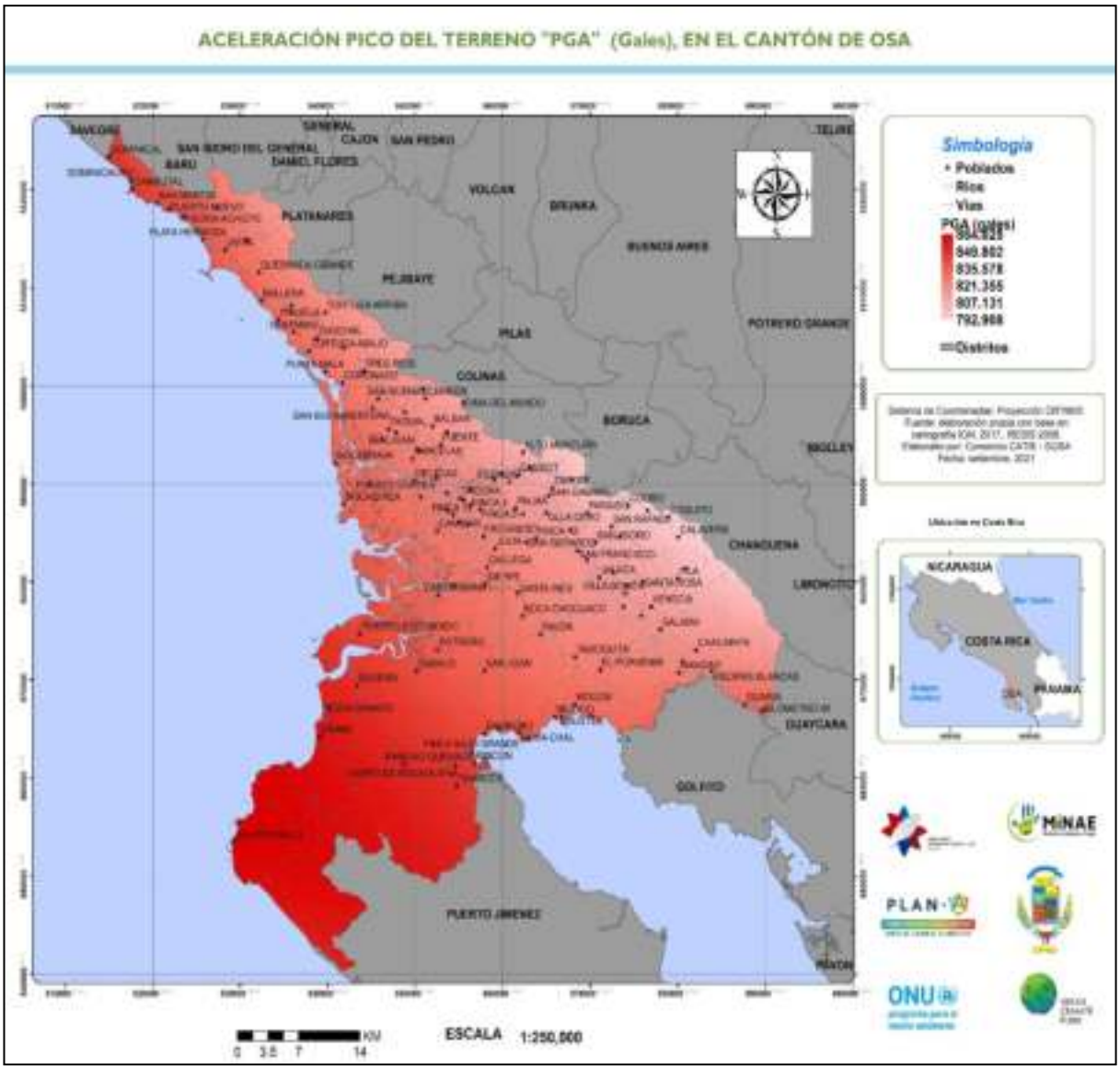


Figura A2-9. PGA en Gales, período de recurrencia de 500 años, para el área de análisis.

Dado que el mapa está en gales, se puede usar una transformación, en este caso la relación dada por Ambraseys, N. N. and Menu, J. M (1991)

$$Log_{10}\,\text{PGA} = -0.63 + 0.55\,I_{mm} - 0.018\,I^2_{mm} \quad (17)$$

Con la fórmula anterior se puede obtener la relación entre el Índice Modificado de Mercalli (IMM) y la aceleración pico del terreno (PGA), que se incluye en el Cuadro A2-2.

Cuadro A2-2. Relación entre el Índice Modificado de Mercalli (IMM) y la aceleración pico del terreno (PGA)

IMM	log PGA	PGA	Calificación	Factor Ds
3	0.858	7	Marginal o nulo	1
4	1.282	19	Muy bajo	2
5	1.67	47	Bajo	3
6	2.022	105	Moderado	4
7	2.338	218	Mediano	5
8	2.618	415	Considerable	6
9	2.862	728	Importante	7
10	3.07	1175	Elevado	8
11	3.242	1746	Muy elevado	9
12	3.378	2388	Extremadamente elevado	10
Log_{10} PGA = -0.63+0.55 * IMM - 0.018 *IMM^2				

Fuente: Elaboración propia con base a la fórmula (5).

El mapa del factor de disparo, por sismicidad Ds, se incluye en la Figura A2-9.

Figura A2-10. Factor de disparo - sismicidad, método Mora & Vahrson, para el cantón de Osa

A.2.6 Disparo por intensidad de lluvia (Dp)

El disparo por intensidad de lluvia (Dp), se obtiene de la clasificación de los eventos diarios de precipitación, para 24 horas, y un período de recurrencia de 100 años, de acuerdo con el Cuadro A2-3.

Cuadro A2-3. Calificativo para la precipitación máxima de 24 horas, para Tr= 100 años

Precipitación máxima, para duración 24 horas y Tr = 100 años	Intensidad máxima, para duración 24 horas y Tr = 100 años	Calificación	Factor Dp
< 100 mm	0 – 4,17 mm/hr	Muy baja	1
100 – 200	4,18 – 8,33	Baja	2
200 – 400	8,34 – 16,7	Media	3
300 – 600	16,71 – 25	Alta	4
> 600	>25	Muy alta	5

Fuente: Metodología Mora & Vahrson, 2015.

El mapa de intensidad de la lluvia para una duración de 24 horas y un periodo de recurrencia de 100 años se incluye en la Figura A2-10.

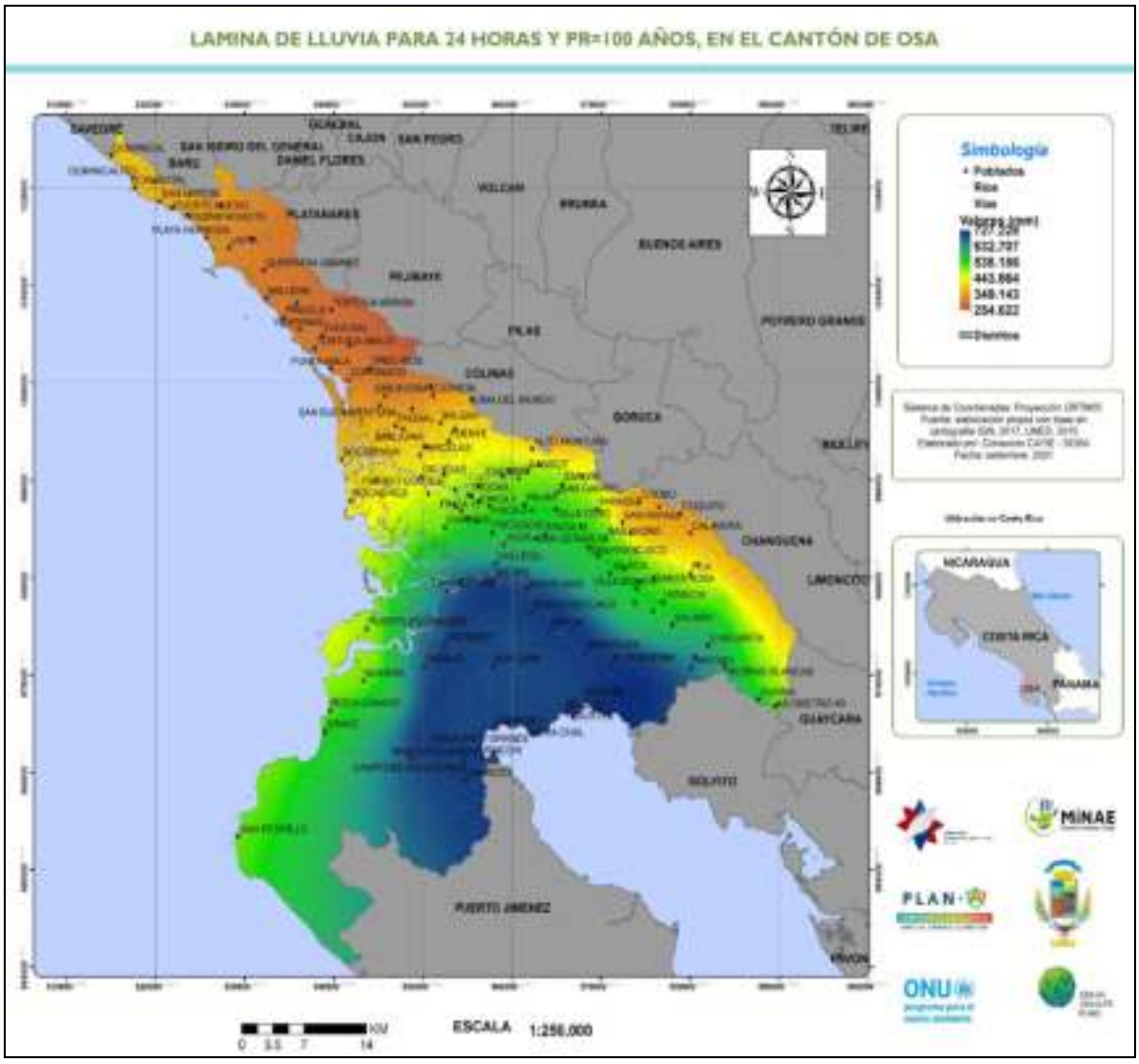


Figura A2-11. Lámina de lluvia (Dp) para D=24 horas y PR=100 años, método Mora & Vahrson

El mapa del disparo por lluvia (Dp), se incluye en la Figura A2-11. Se observa que la mayor parte de la cuenca está expuesta a valores del parámetro de disparo derivado de la intensidad de las lluvias van de casi 3 en la parte norte a aproximadamente 5 en la parte más sur, es decir, medio a muy elevado.

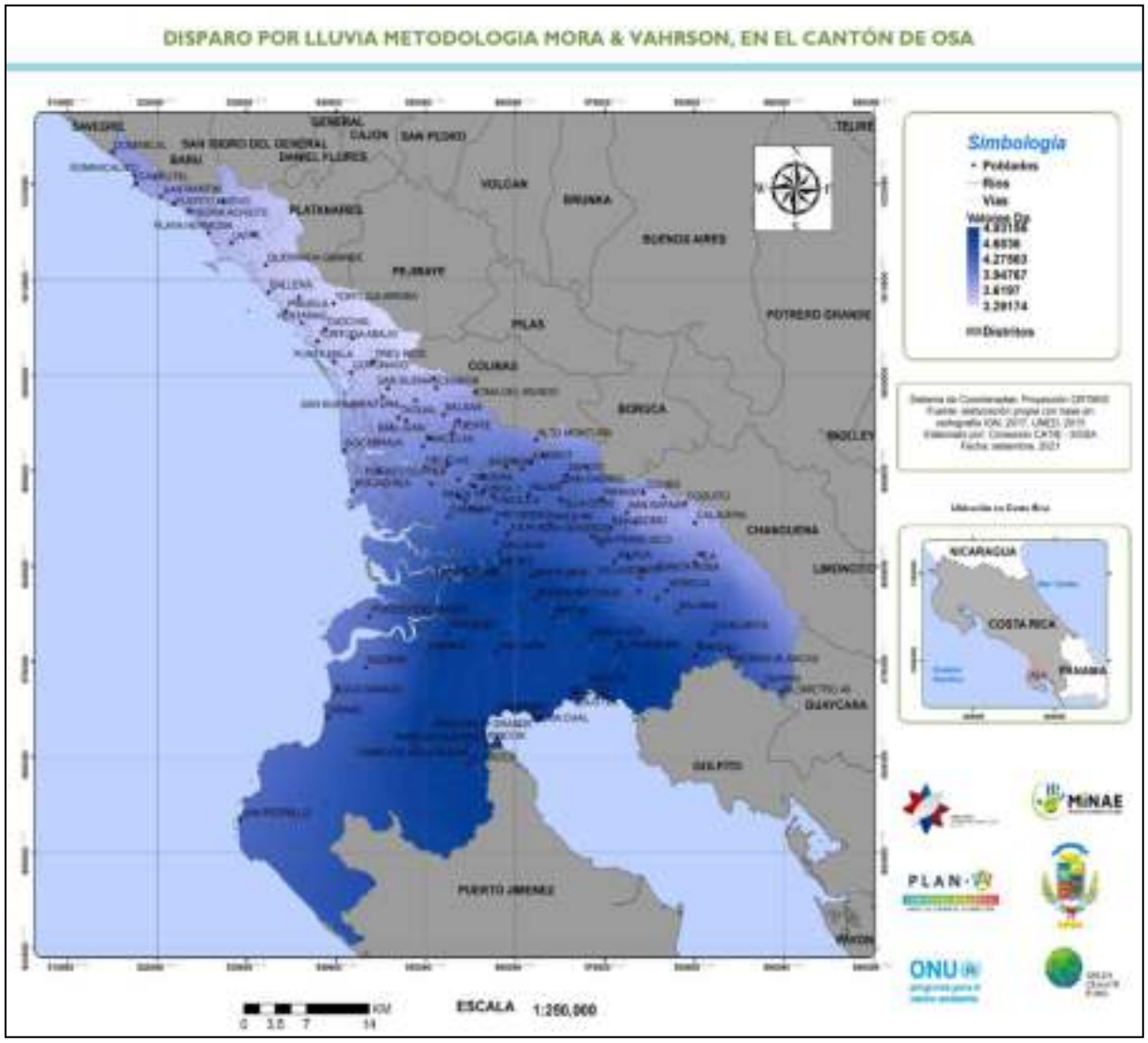


Figura A2-12. Disparo por intensidad de lluvia (Dp), método Mora &Vahrson

El factor de disparo total es la suma de los factores de sismicidad y de intensidad de la lluvia. Este factor se resume en la Figura A2-12 y presenta valores de 12,5 a 14,2 con 13,1 como el valor máximo de disparo o detonante de la inestabilidad de laderas en el área de interés. Este es un escenario que correspondería al caso de un evento sísmico intenso durante el período con mayor precipitación de la estación de lluvias.

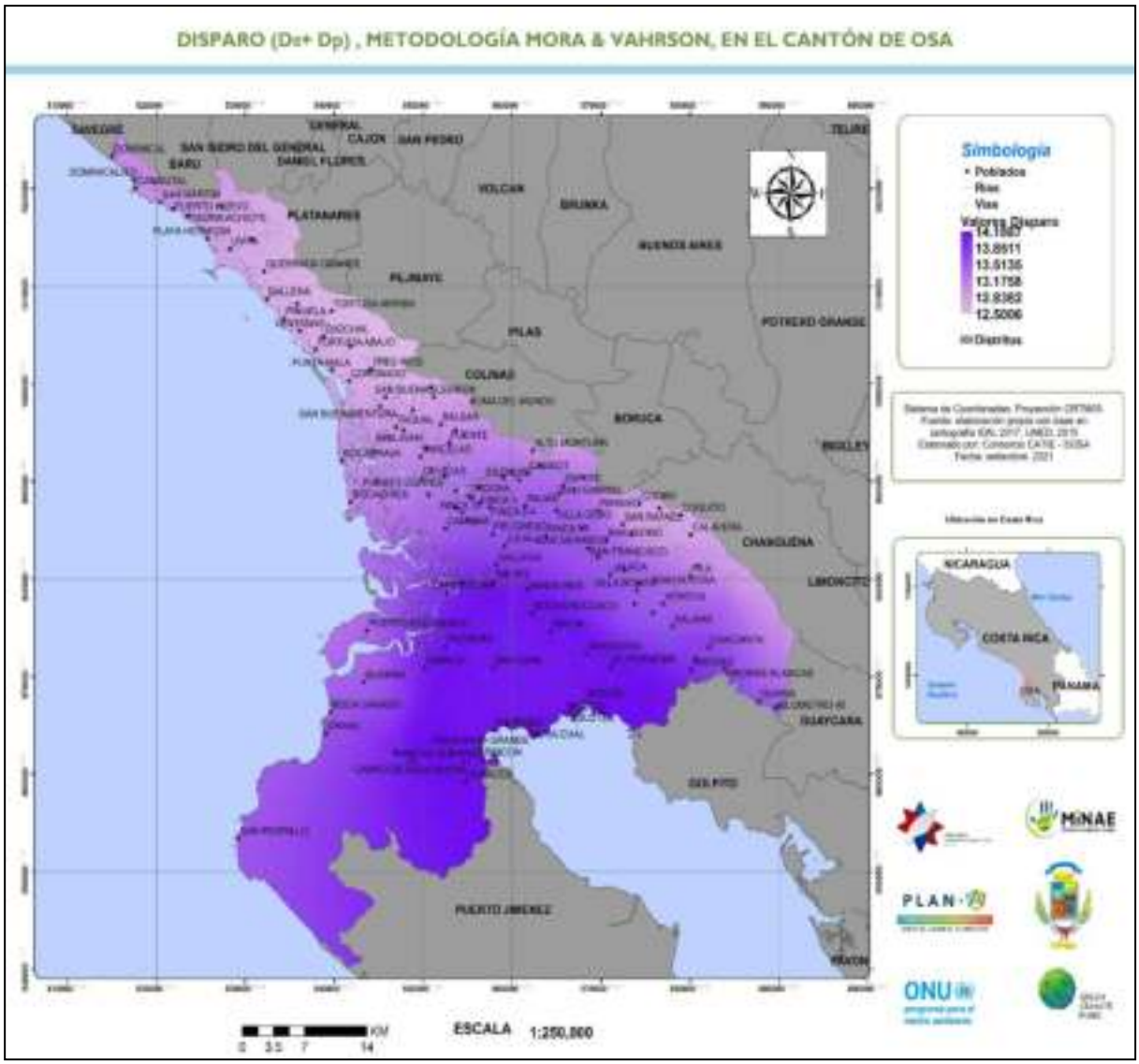


Figura A2-13. Disparo total (Ds+Dp), método Mora & Vahrson

La amenaza por deslizamientos se obtiene a través de la reclasificación de los valores de los factores de la susceptibilidad y de disparo, la cual se muestra en Cuadro A2-4 y el resultado en la Figura A2-13

Cuadro A2-4. Reclasificación de la amenaza por deslizamientos, según el método Mora & Vahrson.

Rangos	Valor	Descripción
0-6	I	Nulo
7-32	II	Muy Bajo
33-256	III	Bajo
256 – 512	IV	Medio
512 -768	V	Alto
Mayor de 768	VI	Muy Alto

Fuente: Modificado de metodología Mora &Vahrson, 2011.

Figura A2-14. Inestabilidad de laderas, método Mora &Vahrson.

Este escenario corresponde con el caso de un evento sísmico intenso, durante el período de mayor pluviosidad de la estación de lluvias.

El mapa puede considerarse como equivalente a una escala de 1:50.000 y representa una macro-zonificación regional del cantón de Osa.

Las áreas con potencial de inestabilidad de laderas, elevado y muy elevado, deben considerarse también en la adaptación a la variabilidad climática, sobre todo en aquellas áreas en donde se prevé una condición de aumento de humedad de los suelos y del posible incremento en el disparo de la lluvia por un aumento previsto de la precipitación, de acuerdo con el calentamiento global antropogénico.

Anexo 3 Erosión laminar

Metodología para la determinación de la erosión de suelos (factores de la ecuación). El cálculo de la erosión de los suelos se basa en la ecuación universal de pérdida de suelos (EUPS). La ecuación de Wischmeier y Smith (1978) se aplica para estimar la erosión de suelos:

$$SE = R * K * LS * CP \qquad (A5\text{-}1)$$

Donde:

SE: pérdida anual de suelos en ton/ha
R: erosividad de la lluvia en [MJ mm / (ha hr año)]
K: erodabilidad del suelo en [ton ha hr / (ha MJ mm)]
LS: factor de longitud de pendiente y de pendiente (adimensional)
CP: factor de cobertura y de prácticas de conservación (adimensional)

A3.1 Factor R

Uno de los factores que toma en cuenta esta ecuación, es la potencialidad erosiva de las lluvias (factor R), que representa la erosividad de la precipitación y la escorrentía, considerado como un elemento importante para la estimación de pérdida de suelos por erosión hídrica. El índice de erosividad se puede definir como la capacidad que tiene la lluvia de producir erosión en un área desprovista de vegetación.

Según investigaciones realizadas por Wischmeier y Smith 1958, citados por (Kirkby y Morgan 1984), el factor R o índice de erosividad de la lluvia, está en función de dos características de la lluvia tempestuosa: (1) la energía de la lluvia, la que se considera como el mejor elemento para estimar la capacidad erosiva de las mismas y (2) la intensidad máxima durante treinta minutos. El resultado de este producto se denomina EI30, el cual logra explicar de 72 a 97 % de la variación de la erosión en tormentas individuales y el 94% de las pérdidas anuales del suelo.

Para Wischmeier y Smith la ecuación que describe la energía cinética de una lluvia tempestuosa, se expresa como:

$$Ec = 1.213 + 0.890 \log_{10} I \qquad (A3\text{-}2)$$

Donde:

Ec= energía cinética en Kg m / m^2 mm
I =intensidad de la precipitación en mm / hora.

Al multiplicar la energía cinética total de la precipitación (Ec) por la intensidad máxima en 30 minutos y dividirla por 100, se obtiene el índice de la erosividad pluvial, mejor conocido como EI30, para un evento determinado. Los valores del factor de precipitación pluvial pueden representarse en un mapa del área de interés a través de isolíneas o curvas de igual erosividad, llamadas también isoerodentas. (Kirkby y Morgan 1984). Wischmeier (1965) establece, para Estados Unidos, la distribución del potencial de lluvias en el año, sumando los valores de EI30, de tormentas individuales para obtener el EI30 anual. Con esta información realizó un mapa de isoerodentas, que señala zonas geográficas expuestas a la amenaza de erosión, en las cuales se encuentran condiciones semejantes. El producto (EI30) es un término recíproco que mide el efecto de la manera particular en que la erosión, por salpicadura y la turbulencia, se combinan con el escurrimiento para desprender y desplazar, del terreno, las partículas de suelo. Asimismo, se dice que el valor EI, se considera como el indicador más adecuado para medir el potencial erosivo de las lluvias en un suelo en condición de barbecho (Wischmeier, 1962); posteriormente EI fue evaluado en condiciones de cobertura diferentes (Wischmeier) (1978). Las unidades del factor R en [MJ mm / (Ha hr yr)], también llamadas unidades EI, con valores entre 0 y superiores a 1.000, según diferentes autores, se consideran elevados. Para Costa Rica, se han

utilizado diferentes métodos para el cálculo de EI, entre ellos los incluidos por FAO (1989). Para el caso del cantón de Osa, se utilizó el mapa de isoerodentas (factor R), realizado por el ICE, 2010 y utilizado por CNE, 2012.

Figura A3- 1. Factor R (erosividad de la lluvia), cantón de Osa
Fuente: elaboración propia con base a metodología de Vahrson, ICE, 2010

A3.2 Factor erodabilidad de los suelos (factor K)

La erodabilidad del suelo o factor K es, junto con la erosividad o factor R, uno de los componentes importantes dentro de la EUPS, ya que cuantifica la capacidad o resistencia del suelo a la acción erosiva del agua. Para un suelo determinado, el factor K de la EUPS, es la tasa de pérdida de suelo por unidad de superficie y por unidad de índice de erosividad (EI), evaluado a partir de una parcela estándar y se expresa en (Ton/ha) / (Mj.mm/ha.h) en las unidades del Sistema Internacional (SI).

A partir del mapa de suelos, se obtiene por reclasificación el factor K. En este caso se usa el mapa del ICE, en CNE 2012 para obtener la "Erodabilidad del Suelos o Factor K", en la Figura A3-2, se muestran los suelos en el área del cantón de Osa. El factor K se muestra en la Figura A3-3.

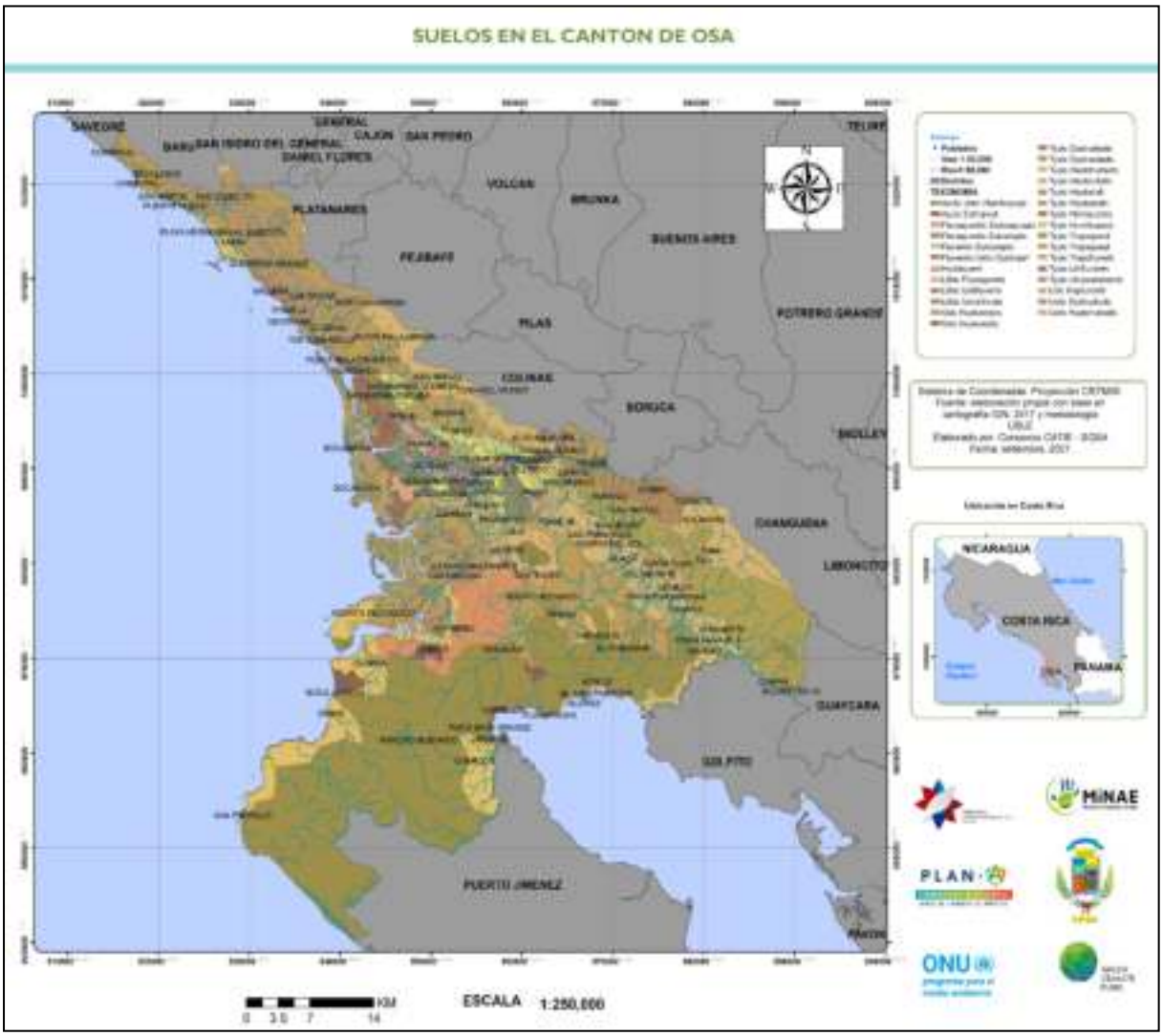


Figura A3-2. Suelos a nivel de primer orden del cantón de Osa
Fuente: ICE, en CNE 2012

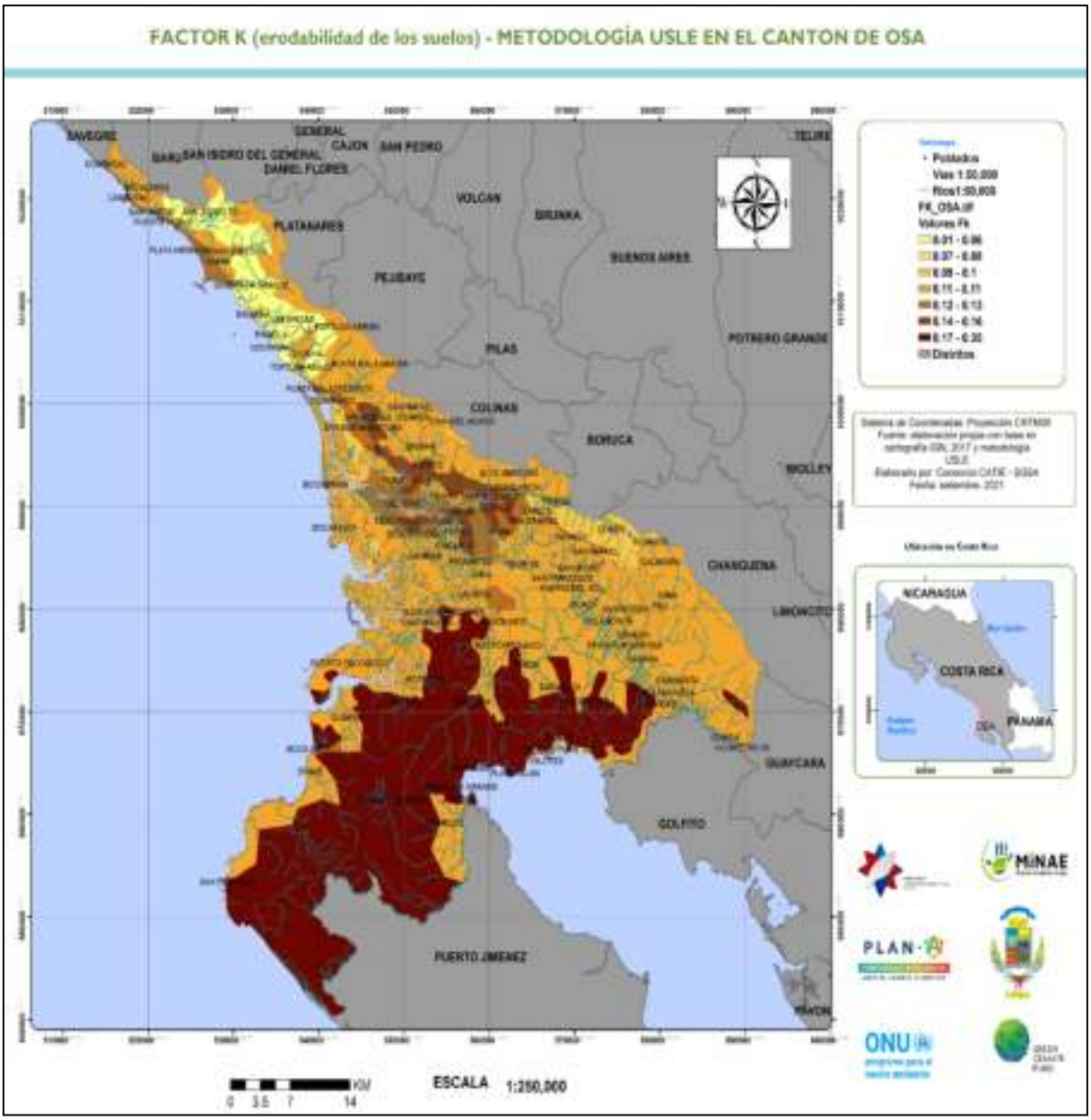


Figura A3-3. Factor K (erodabilidad de los suelos) del cantón de Osa
Fuente: ICE, en CNE 2012.

Dado que este factor es una medida de la propiedad de degradación que posee el suelo o de su resistencia a la desagregación y transporte, basado en las propiedades que determinan la agregación, estabilidad de agregados, transmisión de agua y propiedades de retención, impacto de la gota de lluvia y procesos que controlan la formación de mezclas o perturbación de agregados, resulta ventajoso el método del nomograma, en lugares donde no se han realizado estudios experimentales periódicos.

Las unidades de K, en el sistema métrico, son [Ton ha hr / (ha MJ cm], y varían con un rango de valores de 0,01 a 0,35 X 10^{-1} para el área cantón de Osa 0,029.

A3.3 Factor LS

El factor topográfico "LS" dentro de la EUPS representa la combinación de los efectos de la longitud "L" y del gradiente "S". Este factor evalúa las pérdidas de suelo por erosión hídrica, considerando los efectos que pudieran tener la longitud (L) y el gradiente (S) de la pendiente respectivamente. Así, el factor "LS" se puede definir como la relación, entre el suelo perdido, en un área cualquiera con pendiente "p", longitud "l" y la correspondiente a la parcela estándar utilizada en el desarrollo de la EUPS. Kirkby y Morgan (1984), definen la longitud de la pendiente como la distancia desde el punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo suficiente como para que ocurra la deposición, o hasta el punto en que la escorrentía entra en un canal definido. El canal puede ser parte de una red de drenaje o un canal construido. El gradiente de la pendiente es el grado de inclinación del terreno, expresado generalmente en porcentaje.

Respecto a la Figura A3-4, se tiene la explicación:

A= Si no se produce escurrimiento superficial en un bosque virgen, el punto de partida de la longitud de pendiente debe comenzar con el fin del bosque virgen y extenderse pendiente abajo hasta el primer punto donde se pueda concentrar el escurrimiento.
B= Hasta punto de concentración del escurrimiento.
C= Del punto de concentración de escurrimiento anterior hasta el punto de concentración del flujo.
D= Punto de origen de escurrimiento hasta una carretera que concentra el escurrimiento.
E= De la carretera a la planicie inundable, donde la deposición podría ocurrir.
F= Del punto de origen de escorrentía a la planicie inundable donde la deposición podría ocurrir.
G= Punto de origen de escurrimiento a una depresión donde podría concentrarse el escurrimiento.

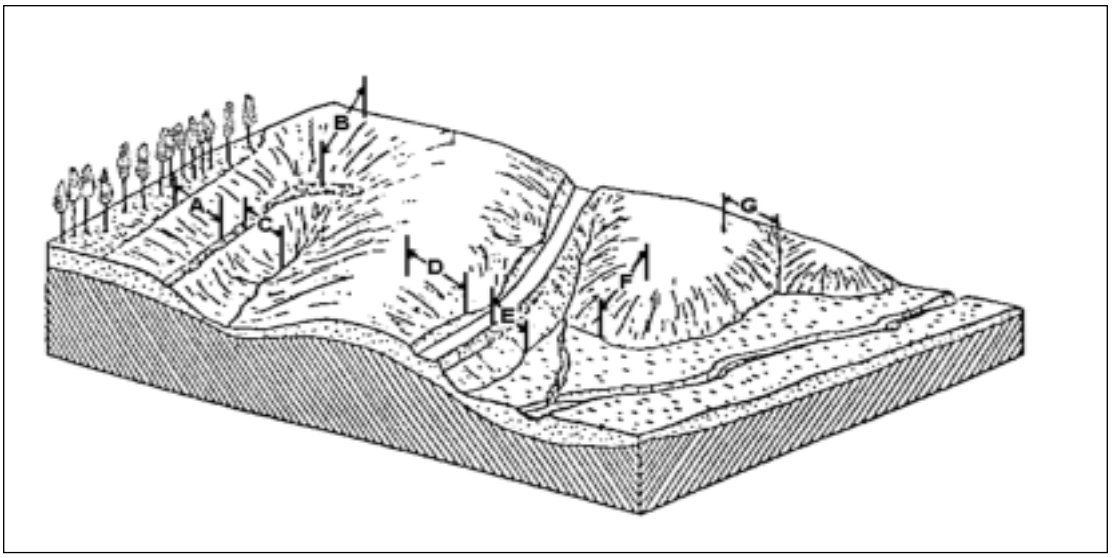


Figura A3-4. Ilustración sobre el concepto de longitud del terreno

Determinación del factor LS. El cálculo del factor LS (Figura A3-5), se inicia a partir de un modelo de elevación digital del área de interés. El factor se basa en dos imágenes: la longitud de las pendientes mismas. La imagen de pendientes y de longitud de las pendientes, se obtiene directamente a partir del modelo de elevación digital, en este caso se usó un modelo de 12,5

metros. Al final se calcula el factor LS, utilizando las ecuaciones de McCool (1993), citado por Bolton *et al*. (1995).

$$LS = [\ L / 22{,}13\ ]^{0.5}\ (10{,}8 \text{ sen } \alpha + 0{,}003);\ \text{para } \alpha < 5.143 \text{ grados o } (9\ \%) \qquad (23)$$

$$LS = [\ L / 22{,}13\ ]^{0.5}\ (\text{sen } \alpha / \text{sen } 5{,}143\alpha)^{0{,}6};\ \text{para } \alpha \geq 5.143 \text{ grados o } (9\%) \qquad (24)$$

Donde:

L = longitud de la pendiente en m
α = ángulo de la pendiente en grados

Figura A3-5. Factor LS en el cantón de Osa

A3.4 Factor C

Entre los factores que componen la EUPS, el factor "C" se refiere al manejo de los cultivos y representa la relación entre la pérdida del suelo en un campo cultivado, en condiciones específicas (suelo, pendiente y precipitación) y la pérdida correspondiente del suelo en barbecho continuo. Posteriormente, se amplía a diferentes tipos de cobertura.

Los valores del factor "C", Cuadro A3-1, muestran una variación desde 0.0001 en área urbana, con bosque primario en 0.001, secundarios en 0.003 hasta cultivos anuales en 0,5 a 0,9 en suelo desnudo y pueden ser asignados a través de las tablas elaboradas por Wischmeier y Smith (1978), quienes obtuvieron valores del factor "C" para varios tipos de cultivos, diversas rotaciones y distintas épocas de siembra y niveles de productividad, bajo diferentes condiciones de clima y manejo. Existen también tablas para analizar y comparar el comportamiento de la vegetación del tipo gramíneas, arbustos y bosques.

Cuadro A3-1. Valores de "C" y tipo de cobertura

Cobertura vegetal y uso de la tierra	**Valor de "C"**
Bosque secundario, bosque, bosque palma	0,003
Pastos, terrenos ganaderos	0,01
Terrenos desprovistos de vegetación	0,5
Cultivos permanentes	0,1
Cultivos anuales	0.3
Charrales	0,013
Areas urbanas[20]	0,01
Lagunas y embalses, ríos	0,0

En la Figura A3-6 se presenta el factor C.

[20] A falta de puntos de referencia, diferentes autores, incluyendo Wischmeier y Smith (1978), han adoptado la misma protección dada por un bosque denso, para las áreas urbanas establecidas.

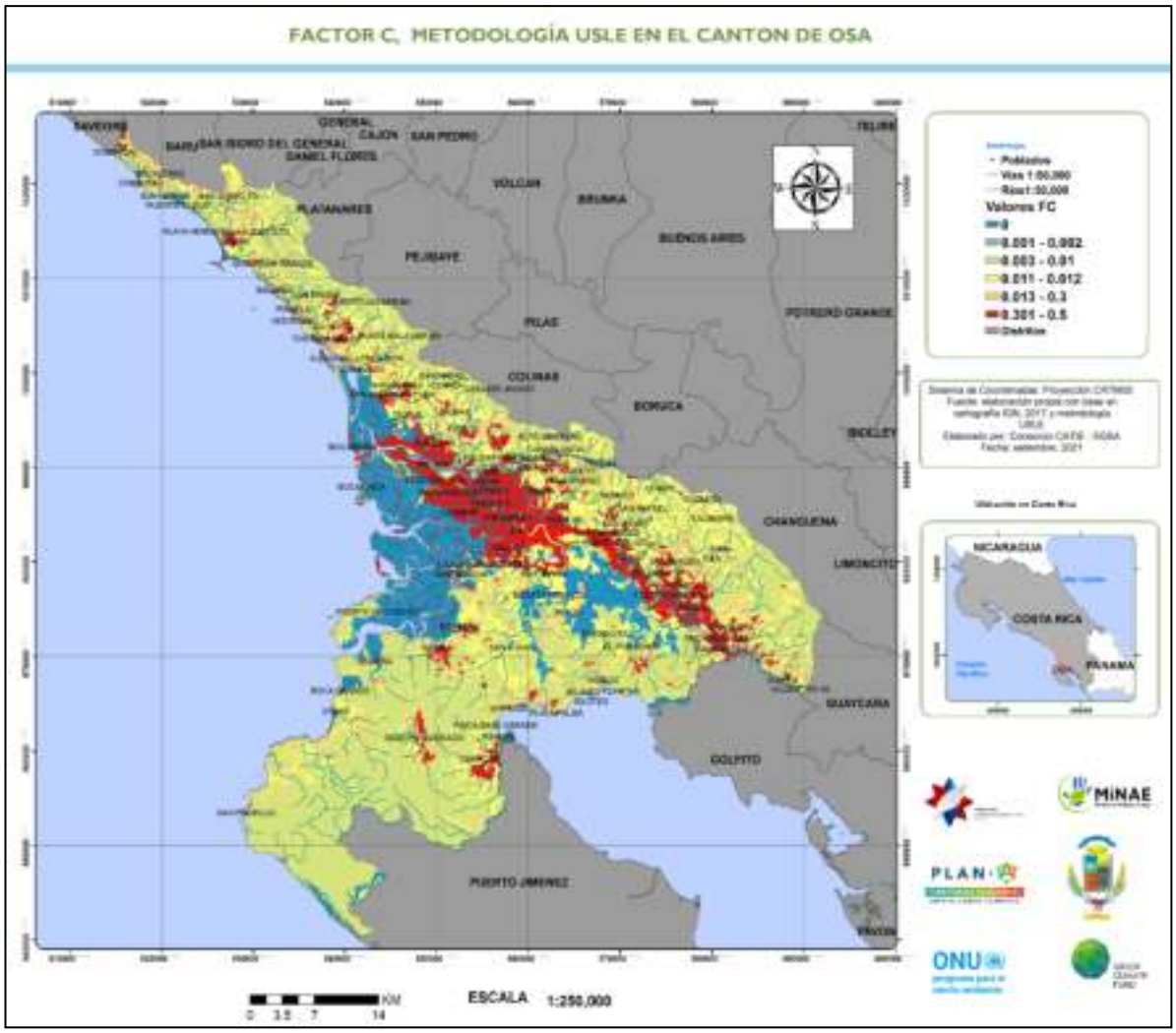


Figura A3-6. Factor C (uso y tipo de cobertura) del cantón de Osa.

A3.5 Factor de prácticas de conservación (P)

El factor "P", se refiere a la relación existente entre las pérdidas de suelo en un área cualquiera donde se aplican prácticas específicas de conservación y las pérdidas de suelos producidas en áreas donde las prácticas de conservación no existen. Entre las principales prácticas de conservación que se incluyen dentro de este factor se pueden mencionar las siguientes: cultivos en franjas, cultivos en contorno y terraceo.

En la práctica se acostumbra a considerar el factor P como unitario, esto es equivalente a no considerar prácticas de control, y conforme se implementan las medidas se procede a la aplicación de los valores que corresponden a la pendiente y a la práctica considerada.

De esta forma, para obtener el factor CP, se procede a la multiplicación de los valores de C y P (individualmente el factor C incluye los valores de cobertura y el factor P el de prácticas de conservación). Al considerar P unitario, el factor CP se reduce a considerar solo los valores del factor C. Una vez modelada la ecuación de la EUPS, se pueden estimar los cambios que producirían las medidas de prácticas de conservación propuestas por los planificadores de las cuencas hidrográficas, esto en análisis a escala 1:25.000 o mayor detalle, generalmente 1:10.000, considerando que las prácticas se aplican a nivel de finca y esto solo se aprecia a escalas de detalle.

A3.6 Erosión laminar

Al aplicar la multiplicación de los factores de la ecuación de pérdida universal, se llega a estimar el mapa de erosión laminar calculada en ton/ha/año. Este mapa se incluye en la Figura A3-7.

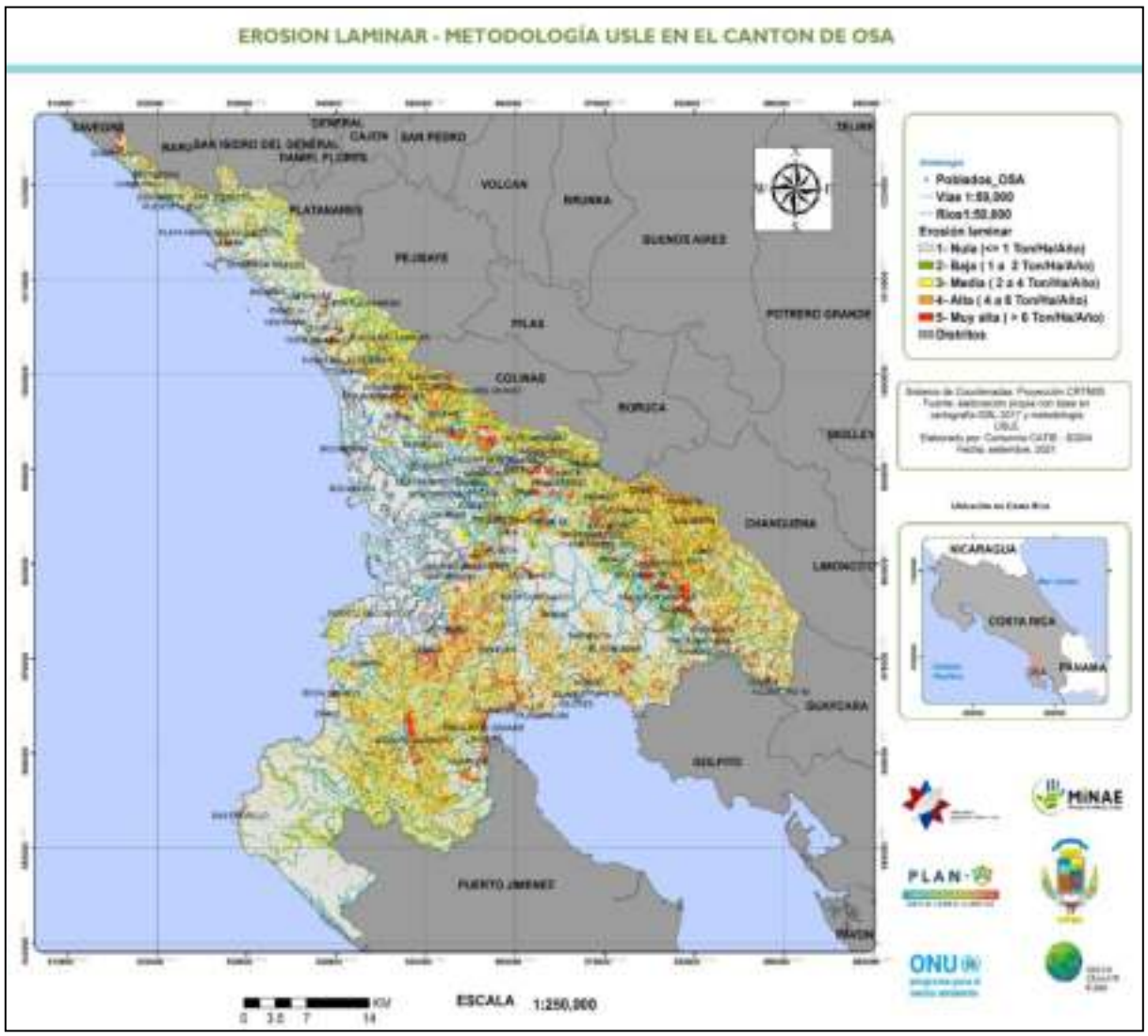


Figura A3-7. Erosión laminar en el cantón de Osa

Esta es una aproximación sobre el estado de actualidad de la erosión laminar del suelo con los datos disponibles.

Anexo 4. Capacidad de uso de la tierra del cantón de Osa

La clasificación de la capacidad de uso de las tierras se realiza según las normas que establece MAG-MINAE (2019) en el decreto ejecutivo N°41960.

En este decreto se establecen 8 clases de capacidad de uso de las tierras, en las cuales se presenta un aumento progresivo de las limitaciones para el desarrollo de las actividades, agrícolas, pecuarias y forestales. Los límites entre clases se definen por límites máximos permisibles citados en el decreto mencionado anteriormente.

En las primeras cuatro clases (I-II-III-IV) se permiten cultivos agrícolas, o usos pecuarios y forestales. En la Clase V se restringe a uso pecuario y forestal. En la Clase VI se restringe el uso a cultivos perennes y producción forestal. En la Clase VII se permite el manejo forestal. La Clase VIII es estrictamente de protección, con excepciones calificadas para la explotación de áridos y de cambio de uso.

Las subclases de capacidad de uso se definen en base a parámetros de pendiente-erosión (e), suelo (s), drenaje-riesgo de inundación (d) y clima(c): zonas de vida-meses secos: en detalle la descripción de la nomenclatura es la siguiente.

e1 = pendiente
e2= erosión sufrida
s1 = profundidad efectiva
s2= texturas de suelo y subsuelo
s3= pedregosidad
s4 = fertilidad
s5= toxicidad de cobre
s6 = salinidad
d1: = drenaje
d2 = riesgo de inundación
c1 = zonas de vida
c2 = período seco.

Dado que los suelos no presentan esta clasificación, se utilizó la capacidad forestal de la Neotrópica, 2004, a escala 1:50,000, donde las clases agrícolas I a IV, se agrupan en la categoría agrícola-pecuarios A. Seguidamente se presenta en la Figura A4-1 las clases de capacidad de uso y en el Cuadro A4-1 las áreas de clases de capacidad de uso de la tierra, del cantón de Osa.

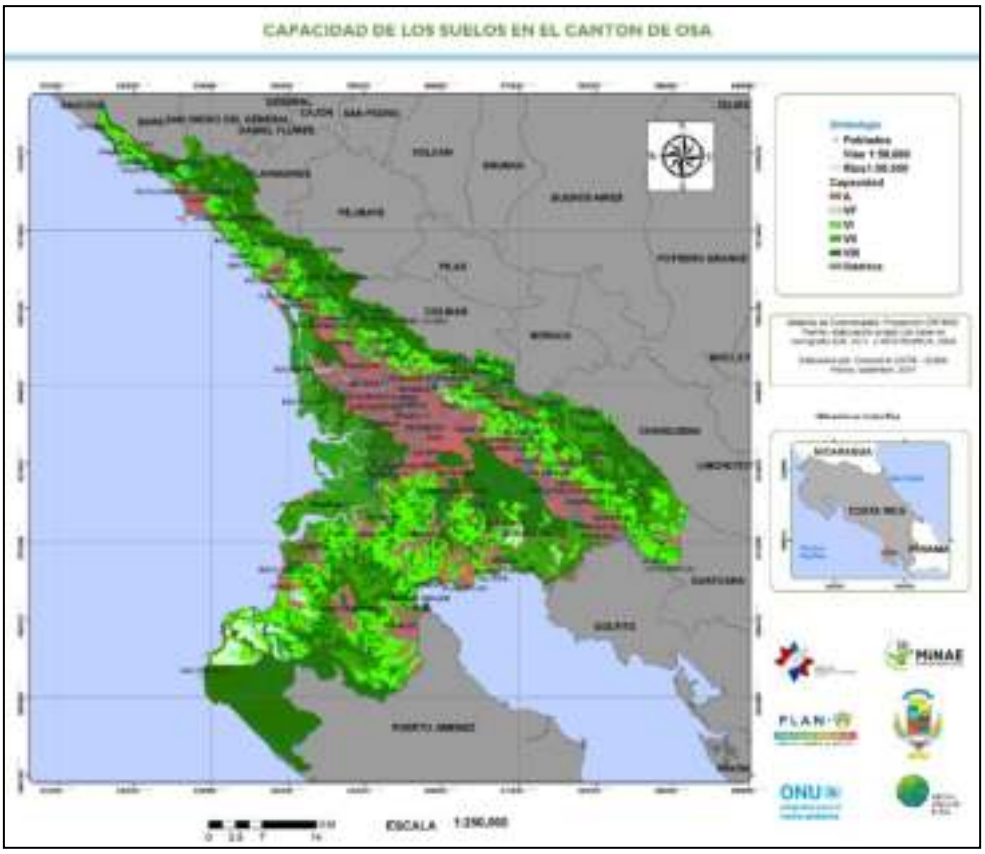


Figura A4-1. Capacidad de los suelos por cuenca hidrográfica en el cantón de Osa.

Cuadro A4-1. Áreas de capacidad de uso de la tierra en el cantón de Osa

Capacidad	Area Km2	Porcentaje
A	266,316	16,75%
Vf	1,472	0,09%
VI	259,546	16,33%
VII	970,685	61,05%
VIII	91,843	5,78%
Total	1589,862	100,00%

A4.1 Uso actual u ocupación del uso de la tierra

El uso del suelo producto de una mala traducción de "soil use", pero cuyo término se ha popularizado en el ámbito del manejo de cuencas, corresponde al uso actual de la tierra o la ocupación del territorio, que es la utilización de un territorio en espacio y tiempo, en este caso la cuenca hidrográfica, por parte de la estructura física asentada o incorporada a él, o de ambos casos, en cuanto a clase, forma o intensidad de su aprovechamiento. Si bien, se utiliza el término uso actual, en la práctica debido a que esto conlleva el contar con un uso u ocupación de la tierra al momento de hacer el estudio, en la realidad se hace con la información espacial, sean fotografías aéreas, o imágenes de sensores remotos, que permiten deducir el uso, y que requiere de verificación en campo.

La determinación del uso de la tierra es importante en la gestión de la cuenca hidrográfica, porque la utilización del territorio impacta positiva o negativamente en el ambiente en general

y los recursos naturales, en particular interesan para las cuencas del cantón de Osa los posibles impactos de los usos de la tierra tanto sobre el régimen hidrológico (disponibilidad de agua) como sobre la calidad del agua, y a las escalas que producen estos impactos.

Se pueden dividir los impactos derivados de este crecimiento en: a) desarrollo urbanístico e industrial, b) uso agrícola de la tierra, el pastoreo, las explotaciones forestales y la pesca, c) las actividades mineras y las canteras y su relación entre las partes altas su incidencia en las partes bajas, así como d) las actividades turísticas en la parte alta.

Los impactos provenientes de la urbanización modifican el uso de la tierra rápidamente y condicionan el régimen hidrológico. Esto incide en la cantidad de escorrentía superficial (aumento de caudales pico) por la impermeabilización del suelo, como la calidad del agua (por malas praxis en manejo de desechos y de aguas servidas, en general), que afectan tanto al agua superficial, como la subterránea. La problemática se ve acelerada, por un crecimiento espontáneo acelerado, promovido por factores económicos desde la década de los años 60, principalmente del urbanismo en la parte media alta de la cuenca, y por la falta de un ordenamiento territorial homogéneo e interrelacionado. En general, el desarrollo territorial ha sido localista y sin considerar las interrelaciones entre los territorios o limites cantonales; la planificación se hace en aislamiento de los cantones vecinos y sin integrar enfoques como el de cuenca hidrográfica. Evidencia de lo anterior es que la legislación existente promueve planes reguladores costeros y planes reguladores cantonales, sin prever un análisis transicional para las áreas limítrofes que abarcan estos planes.

Según FAO, 2018 y CATIE, 2017, los impactos dependen de un conjunto de factores naturales y socioeconómicos. Los factores naturales incluyen el clima, la topografía y la estructura del suelo. Los factores socioeconómicos incluyen la capacidad económica y la sensibilización de los pobladores, agricultores, las prácticas de manejo y el desarrollo de la infraestructura, por ejemplo, la accesibilidad a los sitios. Por lo anterior, el contar con mapas de uso de la tierra, es importante para analizar la situación de alteración de la cuenca, y de cómo incide en los recursos hídricos. Más aún, se debe analizar los cambios periódicamente; para preparar esta cobertura, a continuación de habla del proceso existente a nivel país en esta temática.

En el caso de Costa Rica, se han hecho esfuerzos, por contar con mapas de uso de la tierra, a diferentes escalas, así la Dirección Forestal-MAG, realizan un primer mapa 1994 con imágenes Landsat, el CATIE de 1998 al 2004, impulsó clasificaciones de primer orden siguiendo la clasificación del USGS, entre el 2005 y actualizado al 2008, el Proyecto Ecomapas del INBIO, realiza un mapa, con una clasificación con énfasis en ecosistemas. En los estudios de planes reguladores se utilizan imágenes satélites o fotos aéreas recientes para obtener mapas del uso de la tierra para el área del cantón, siguiendo leyendas simples. Lo anterior dado que con el uso de sensores es difícil llegar a subniveles de la clasificación; por ejemplo, a nivel de cultivos se deja en cultivos anuales o permanentes, dadas las prácticas de siembra de cultivos mixtos que se realiza en Costa Rica.

Para elaborar el mapa del área que comprende el cantón de Osa. se sigue un mapa de uso de la tierra en CNE, 2012, y la fotointerpretación de la Ortofoto, del IGN-RN, 2017, produciéndose el uso de la tierra, que se muestra en la Figura A4-2.

Figura A4-2. Uso de la tierra en el área del cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia, con mapas e información Orthofoto, 2017.

En el Cuadro A4-2 se resumen las áreas de las categorías de uso de la tierra acorde al límite de cuencas hidrográficas, mientras que en la Figura A4-3 acorde al límite administrativo cantonal, siendo que se cuenta con uso urbano, un 0,33%, en cultivos anuales 3,43 %, en cultivos permanentes un 7,86%, un 45,0% en bosque, un 20,7% en pastos, 0,82% para suelos desnudos o descubiertos, y un 12,53% para manglares, áreas anegadas. Esto es, la mayor intervención en el cantón es a nivel de pastos.

Cuadro A4-2. Áreas y porcentajes del uso de la tierra enl cantón de Osa

Categoría	Área (Km^2)	Porcentaje
Cultivos anuales	64.27	3.43%
Cultivos permanentes	147.36	7.86%
Pastos	387.71	20.69%
Bosque	851.67	45.45%
Charral y tacotal	166.62	8.89%
Terreno descubierto	15.30	0.82%
Manglar, anegados/cuerpos agua	234.87	12.53%
Áreas urbanas	6.11	0.33%
Total	**1873.91**	**100.00%**

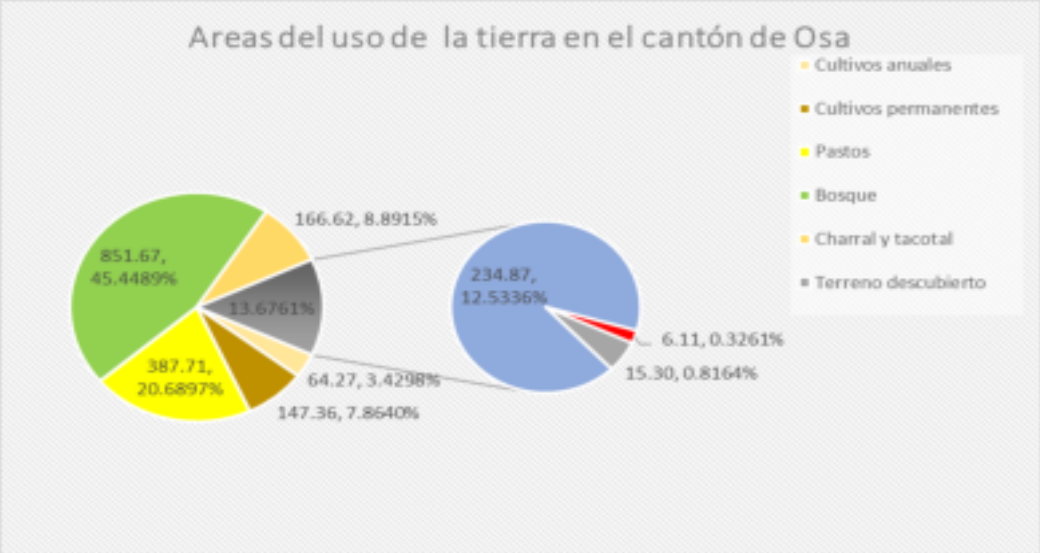


Figura A4-3. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Osa
Fuente: elaboración propia

A4.2. Divergencias en el uso de la tierra

El uso conforme del suelo es aquel "que se ajuste a las normas consideradas en la Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica y a las normas técnicas de manejo y conservación del suelo" (establecidas en la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos – 7779, y modificadas recientemente, en decreto MAG-MINAE, 2019.

De esta forma una vez establecida la conformidad, llamada también divergencias o conflictos entre el uso de la tierra y la capacidad del uso de la tierra, se puede llegar a un uso potencial de la tierra que constituye "el uso que se le podría dar a la tierra una vez que se lleven a cabo las enmiendas y mejoras necesarias mediante prácticas racionales de manejo y conservación de suelos y aguas para lograr un beneficio social y de la tierra". Lo anterior constituye la base de una zonificación de índole agronómica, utilizada en Costa Rica.

Tomando en cuenta el uso actual de la tierra y la capacidad de los suelos, en una matriz de tabulación cruzada, presentada en el Cuadro A4-3, se pueden obtener las divergencias en términos de uso apropiado, sobreuso, y subuso, con variaciones, y donde lo natural, en el caso de agua y el bosque prevalecen como apropiados. Una condición similar se da para el uso

urbano, que aunque se podría reordenar prevalece por lo difícil de reordenar el territorio, salvo en caso de áreas de protección y de áreas con vocación forestal.

Cuadro A4-3. Criterios de divergencias del uso de la tierra

Criterios de categorización de las divergencias de uso de la tierra						
CATEGORIAS DE USO DE LA TIERRA	**I,II,III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**
Cultivos Anuales , incluye arroz, maíz, caña de azúcar (1)	W (1)	O (2)	Ot (4)	Ot (4)	Ot (4)	Ot (4)
Cultivos Perennes, incluye café, cítrico (2)	W (1)	O(2)	Wt(5)	Wt(5)	O(2)	Ot (4)
Pastos (3)	U(3)	W(1)	W (1)	O(2)	O(2)	Ot(4)
Bosque natural y secundario, incluye manglar (4)	U(3)	W(1)	W(1)	W(1)	W (1)	W (1)
Charral - Rastrojos (5)	U(3)	U(3)	U(3)	U(3)	O(2)	Ot(4)
Tierras miscelánea incluye Afloramiento Rocoso y Tierra Desnuda, 'Explotación Minera, Playa y Arenal Natural (6)	W(1)	W(1)	W(1)	O(2)	O(2)	O(2)
Agua, incluye Estanque para Acuicultura (7)	W(1)	W(1)	W(1)	W(1)	W(1)	W(1)
Urbano, incluye infraestructura (8)	O(2)	W(1)	W(1)	W(1)	O(2)	Ot(4)

Fuente: Elaboración propia por CATIE

Las claves de esta matriz son:

Símbolo	***Criterios de definición***
W (1)	Utilización dentro de su capacidad, no siendo necesarios tratamientos de conservación
Wt (5)	Utilización dentro de su capacidad, pero con necesidad de tratamientos de conservación
U (3)	Sub-utilizados
O (2)	Sobreexplotado
Ot (4)	Gravemente sobreexplotado

Las divergencias del uso de tierra se incluyen en la Figura A4-4 y el resumen de áreas en el Cuadro A4.5.

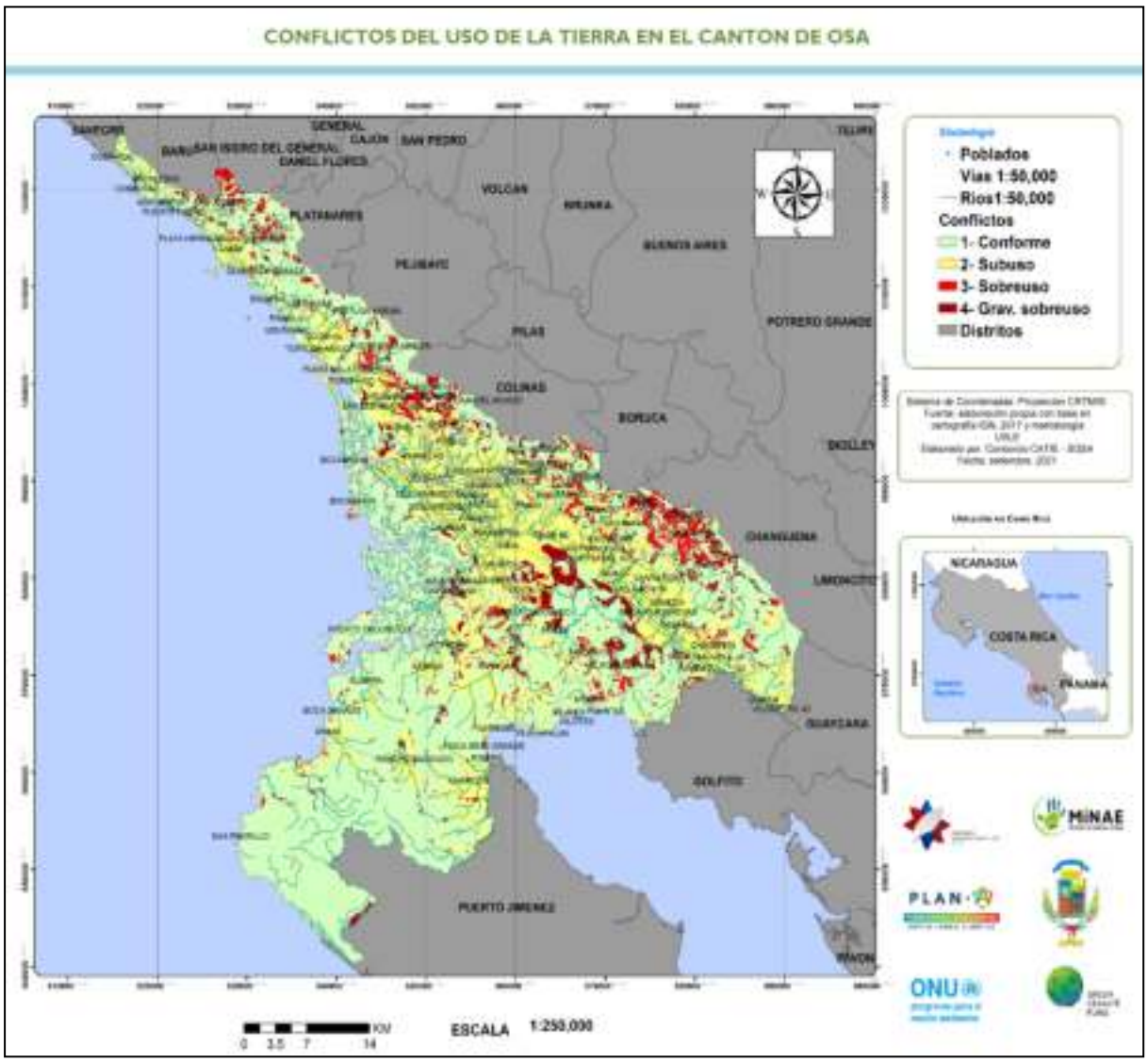


Figura A4-4. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Osa
Fuente: Elaboración propia con base en mapas del uso y de capacidad de la tierra

Dado que el análisis se realiza a nivel de archivos ráster con píxel de 10 metros, hay una pequeña diferencia despreciable en el cálculo de las áreas. En el Cuadro A4-4, se incluyen las áreas, el análisis de conflictos muestra que un 9,44% aproximadamente 167 Km^2 están es condición de sobreexplotado y gravemente sobreexplotado; con un 63.1% equivalente a 1183,1 Km^2 en una condición conforme, y un 27,4% o 513,8 Km^2 subutilizados. En la Figura A4-5 se presentan las áreas y sus porcentajes, para el área de las subcuencas que engloban el cantón de Osa.

Lo que es evidente es que hay que adaptarse a la condición la variabilidad del clima y por conflictos de uso. Aquellas áreas que no presenten un uso de bosque en altas pendientes, que se observa que son pastos con problemas evidentes de solifluxión deben recibir medidas de adaptación para su mejoramiento, utilizando técnicas de conservación y restauración de suelos.

Cuadro A4-4. Áreas y porcentajes de las divergencias del uso de la tierra

Categoría	Área (Km^2)	Porcentaje
Conforme	1183.138	63.14%
Subutilizado	513.8288	27.42%
Sobreuso o sobre explotado	66.3296	3.54%
Gravemente sobreexplotado	110.604	5.90%
Total	1873.9004	100.00%

Figura A4-5. Conflictos a nivel de subcuencas en área del cantón de Osa

Anexo 5. Análisis de exposición en el cantón de Osa

En este anexo se presenta el análisis de la exposición ante amenazas climáticas y antrópicas en el cantón de Osa. Aunque el análisis se ha realizado por cuenca hidrográfica, al llegar a la exposición, dado que se utilizó como información base el estudio de la UCR (2021), se trabaja a nivel del límite cantonal.

A5.1 Exposición por inundaciones de la CNE

Al cruzar el índice de vulnerabilidad ajustado con las áreas de inundación de la CNE, se obtiene la Figura A5-1, que muestra las áreas históricas que se han inundado, logrando clasificar aquellas que son menos vulnerables porque tienen una baja ocupación de la tierra.

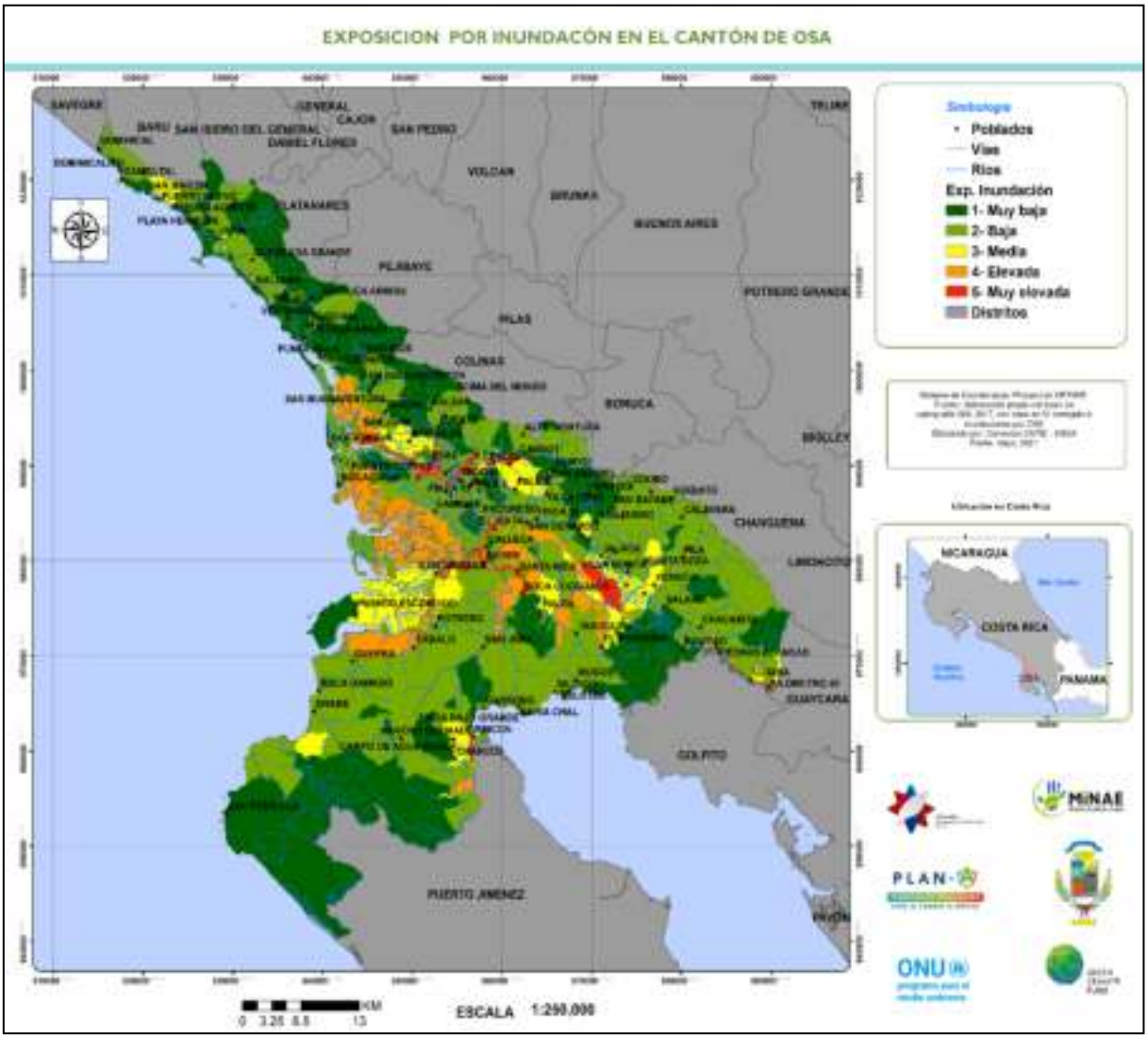


Figura A5- 1. Exposición a las inundaciones de la CNE, en el cantón de Osa.

A5.2 Exposición por deslizamientos / coronas y flujos de lodo de la CNE

El cruce del índice de vulnerabilidad ajustado con las áreas de deslizamiento y coronas demarcada por la CNE, así como los flujos de lodo, producen Figura A5-2, que muestra las áreas históricas de la inestabilidad de laderas clasificadas por niveles de vulnerabilidad.

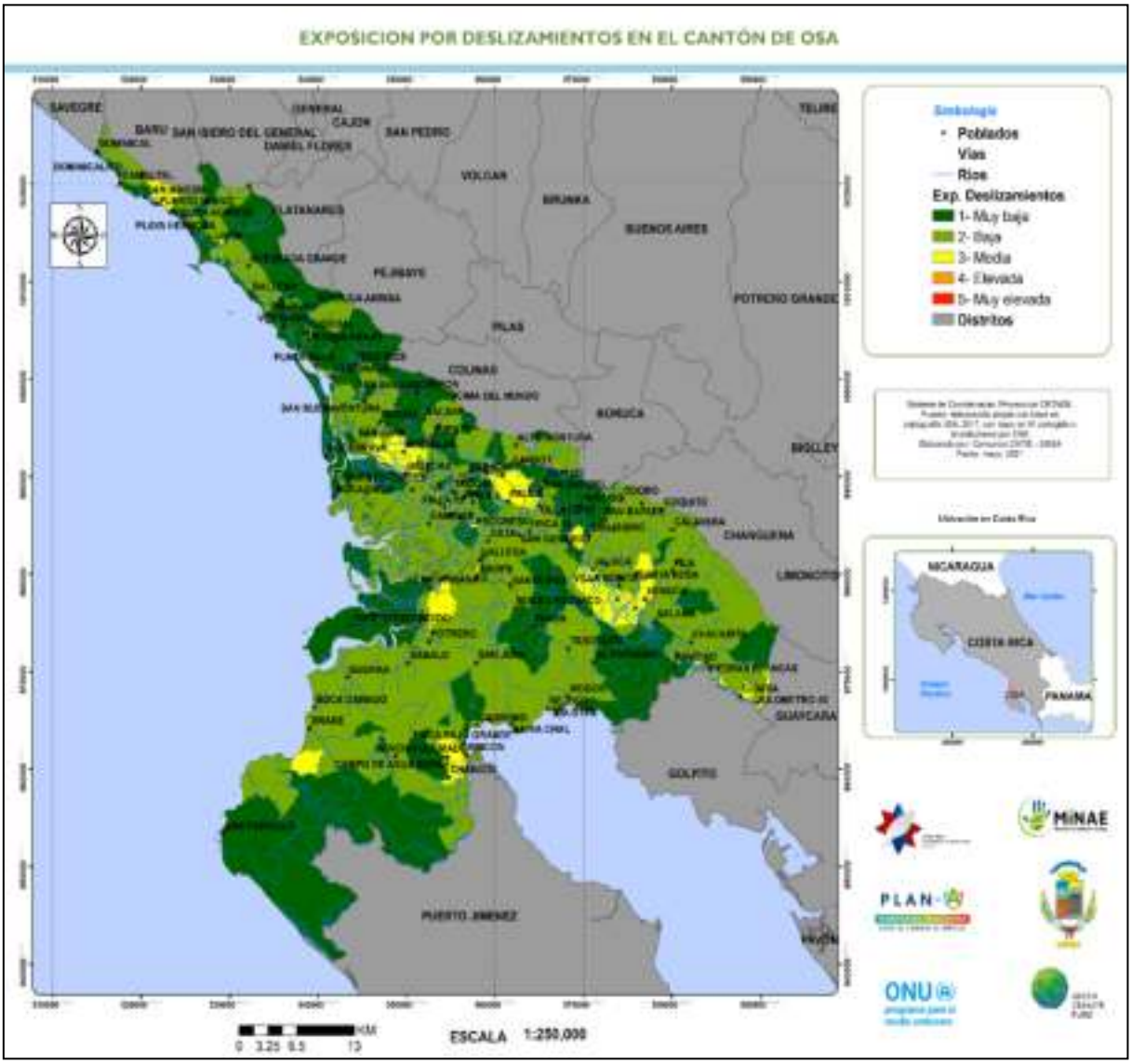


Figura A5-2. Exposición a la inestabilidad de laderas de la CNE en el cantón de Osa

A5.3 Exposición a la inestabilidad de laderas por la metodología Mora & Vahrson

El cruce del índice de vulnerabilidad ajustada, con las áreas de inestabilidad de laderas de la metodología Mora y Vahrson, producen la Figura A5-3, que muestra las áreas de la inestabilidad de laderas potencial clasificadas por niveles de vulnerabilidad.

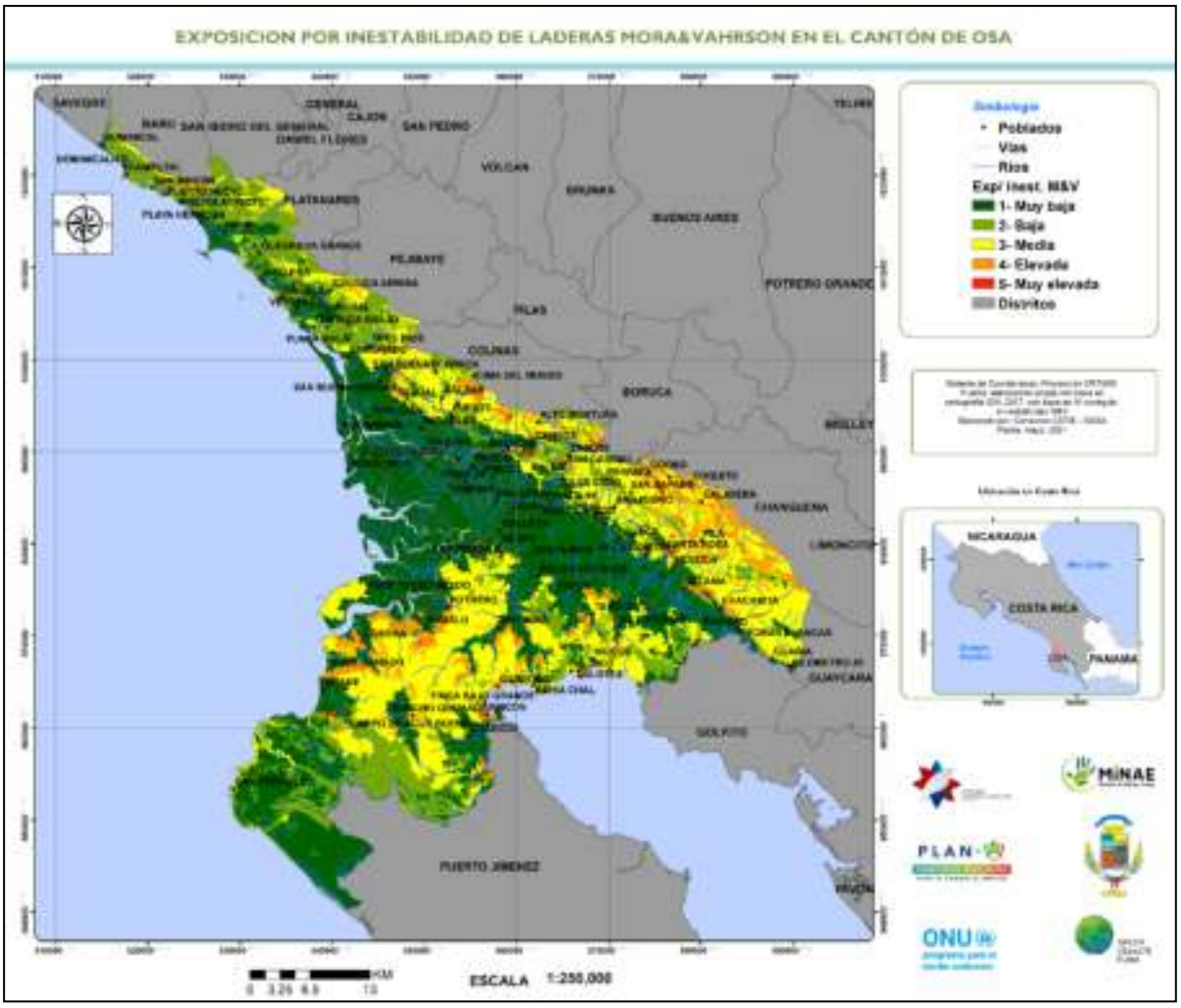


Figura A5-3. Exposición a la inestabilidad de laderas Mora y Vahrson en el cantón de Osa

A5.4 Exposición por puntos de calor

Como se indicó una forma de considerar los incendios forestales es a través de los puntos de calor. De esta forma, el cruce del índice de vulnerabilidad ajustada, con las áreas de densidades de los puntos de calor, producen la Figura A5-4, que muestra las áreas de los posibles incendios forestales históricos clasificadas por niveles de vulnerabilidad. Si bien es una amenaza antrópica, se reconoce que en condiciones de sequía la cobertura o el uso de la tierra afectado estaría predispuesto o susceptible a incendiarse, sea con una práctica cultural o con intenciones inescrupulosas asociadas a la cacería.

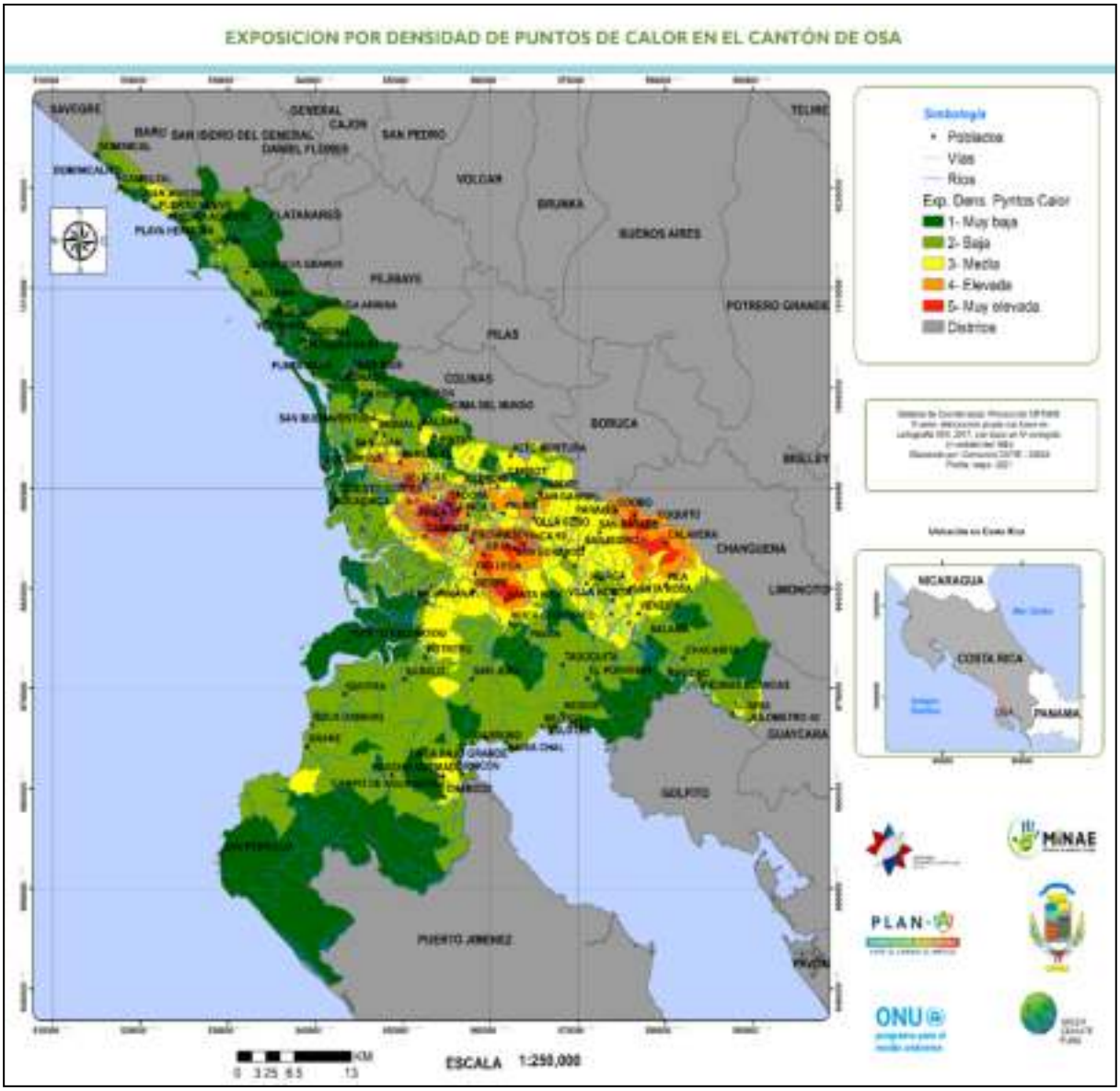


Figura A5-4. Exposición a la densidad de puntos de calor del cantón de Osa

A5.5 Exposición por erosión laminar

Esta exposición no se puede realizar como las anteriores porque el índice de vulnerabilidad es eminentemente social con un menor componente económico. De esta forma lo que se propone es realizar esta exposición considerando los conflictos del uso de la tierra. El cruce de los conflictos o divergencias del uso de la tierra, con las áreas de erosión de laminar de la metodología de la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE), producen la Figura A5-5, que muestra las áreas de exposición de la erosión de suelos clasificadas por niveles de vulnerabilidad.

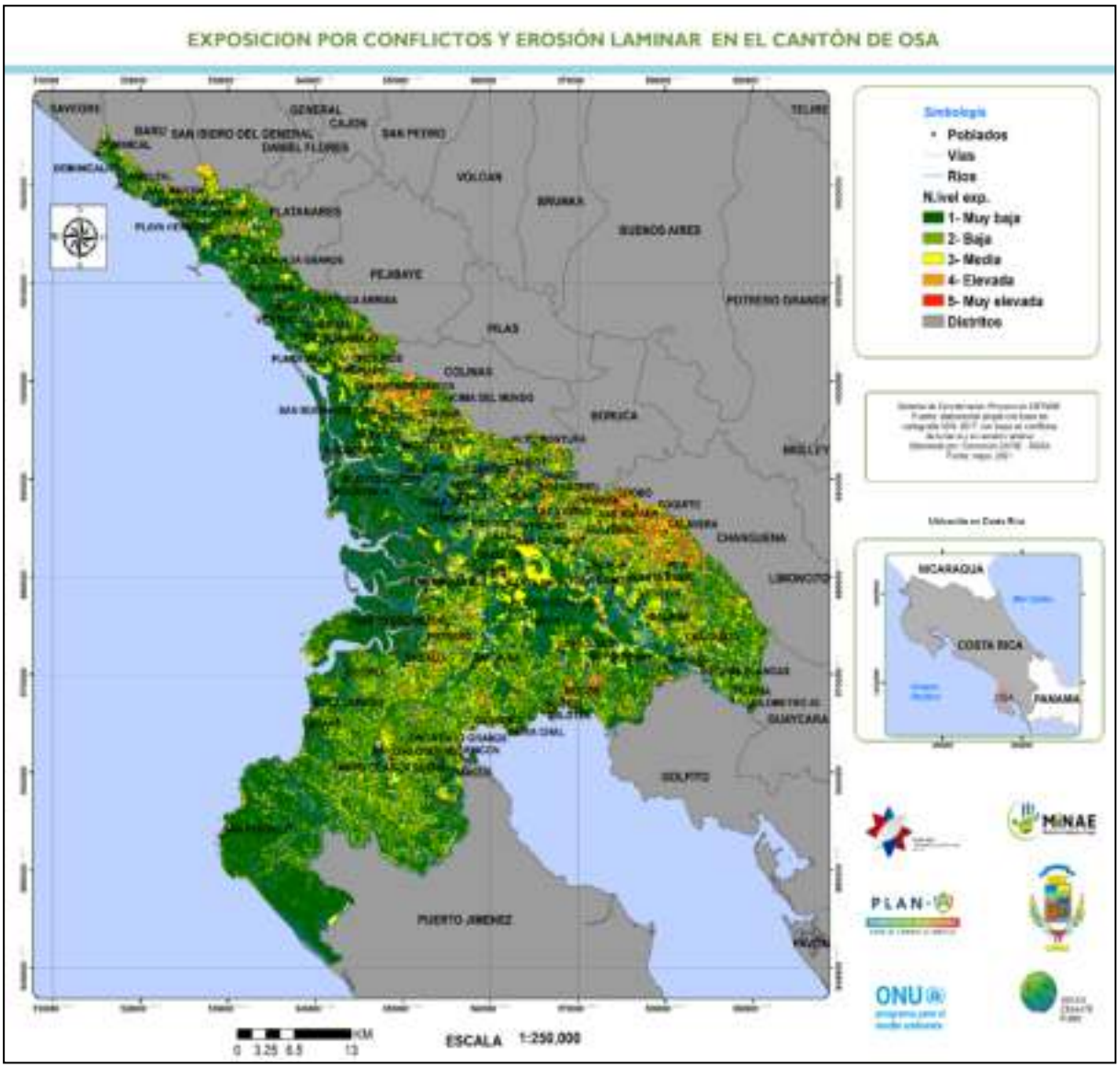


Figura A5-5. Exposición a la erosión laminar respecto a áreas de conflictos de uso de la tierra en el cantón de Osa