PLAN·A

TERRITORIOS RESILIENTES

ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Producto Nº 5
Diagnóstico del cantón de Montes de Oro, perfil local, perfil climático y oportunidades

CATIE

SGSA

COSTA RICA GOBIERNO DEL BICENTENARIO

MINAE Ministerio de Ambiente y Energía

DIRECCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO

ONU programa para el medio ambiente

GREEN CLIMATE FUND

Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible

El presente documento fue elaborado para la Municipalidad de Montes de Oro 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 5. Diagnóstico del cantón de Montes de Oro, perfil local, perfil climático y oportunidades

Asesoría y revisión técnica:
María del Milagro Garita Barahona, Equipo técnico Municipalidad de Montes de Oro
Fabián Vindas, Equipo técnico Municipalidad de Montes de Oro
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 Montes de Oro. 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, 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
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ARS	Área Rectora de Salud
ASADAS	Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunales}
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
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
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
CDCI	Consejo Distrital de Coordinación Interinstitucional
CCCI	Consejo Cantonal de Coordinación Interinstitucional
CCCC	Comisión Cantonal de Cambio Climático
CTDR	Consejo Territorial de Desarrollo Rural
DCC	Dirección de Cambio Climático
DINADECO	Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad
EBAIS	Equipos Básicos de Atención Integral en Salud
ECODES	Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
GCF	Fondo Verde para el Clima por sus siglas en inglés
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
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
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
KBA	Áreas Claves para la Biodiversidad, por sus siglas en inglés
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MEIC	Ministerio de Economía, industria y Comercio
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
ONU	Organización de Naciones Unidas
PDRT	Planes de Desarrollo Rural Territorial
PEM, PEDM	Plan Estratégico de Desarrollo Municipal
PNA	Plan Nacional de Adaptación
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
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
ZMT	Zona Marítimo Terrestre

TABLA DE CONTENIDO

1. Generalidades **8**
1.1 Introducción 8
1.2. Antecedentes respecto a territorios resilientes 9
1.3. Alcance de la consultoría 9
1.4. Objetivos **10**
2. Metodología **10**
2.1 Perfil Climático 10
2.1.1 Revisión de la información 11
2.1.2 Amenazas consideradas 11
2.1.3 Condiciones de exposición / vulnerabilidad 12
2.1.4 Condiciones de impacto riesgo 12
2.1.5 Formulación del modelo alternativo 13
2.2 Explicación de la metodología 15
2.2.1. Índice de exposición 15
2.2.2 Índice de Vulnerabilidad (IV) 15
2.2.3 Amenaza integrada 16
2.2.4 Uso de la tierra 16
2.2.5 Capacidad de los suelos y divergencias 16
2.2.6 Áreas impactadas 16
2.2.7 Priorización por microcuenca, subcuenca y por ASP, incluyendo RI 17
2.2.8 Escenarios P10 y P90, y forma de utilizarlos 17
2.2.9 Oportunidades y debilidades por la VC y el CGA 18
2.2.10 Similitudes y diferencia de enfoques respecto al estudio UCR (2021). 19
3. Perfil local **20**
3.1 Localización geográfica del cantón de Montes de Oro 20
3.2 Cuencas hidrográficas del cantón de Montes de Oro 21
3.3. Climatología - variables climáticas 23
3.3.1 Precipitación promedio anuales 23
3.3.2 Temperatura 24
3.3.3 Evapotranspiración potencial (EVTp) 25
3.3.4 Velocidad y dirección del viento 26
3.3.5 Erosividad de la lluvia en el cantón de Montes de Oro 26
3.3.6 Zonas de vida de Holdridge 27
3.3.7 Uso de la tierra 28
4. Características socioeconómicas del cantón de Montes de Oro **30**
5. Síntesis de los instrumentos vigentes para la planificación del cantón **32**
6. Perfil climático **37**
6.1 Síntesis de amenazas e impactos climáticos que afectan o afectarán al cantón en el futuro 37
6.1.1 Inundaciones 39
6.1.2 Inestabilidad de laderas 41
6.1.3 Inestabilidad de laderas metodología Mora y Vahrson 42
6.1.4 Erosión laminar 44
6.1.5 Incendios forestales 46
6.1.6 Conflictos del uso de la tierra 47
6.1.7 Amenazas integradas o combinadas 49
6.1.7 Precipitación extrema 50
7. Síntesis de condiciones de vulnerabilidad que prevalecen en el cantón **53**
7.1 Índice de Vulnerabilidad del cantón por UGM 54
7.2 Ajuste por densidad de infraestructura y por densidad vial 55
8. Síntesis de factores de exposición a los peligros climáticos identificados. **58**

8.1 Exposición actual 59
8.2 Exposición futura 60
9. Síntesis de principales impactos climáticos y "riesgos" identificados en el cantón 62
9.1 Impactos climáticos por cuenca – subcuencas - microcuencas 63
9.2 Impactos climáticos por áreas especiales 64
10. Oportunidades 64
11. Identificación y análisis de actores clave y sus roles en el cantón de Montes de Oro 66
12. Capacidad adaptativa 67
13. Conclusiones 68
14. Recomendaciones 70
15. Bibliografía consultada 71
Anexo 1. Glosario 74
Anexo 2. Inestabilidad de laderas 77
A2.1 Factor de pendientes o de relieve relativo (SP o SR) 79
A2.2 Factor litológico (SL) 81
A2.3 Factor de humedad (SH) 82
A2.4 Susceptibilidad potencial a deslizamientos, factor SUSC 85
A2.5 Disparo por sismicidad DS 86
A.3.6 Disparo por intensidad de lluvia (Dp) 88
Anexo 3 Erosión laminar 92
A3.1 Factor R 92
A3.2 Factor erodabilidad de los suelos (factor K) 94
A3.3 Factor LS 96
A3.4 Factor C 97
A3.5 Factor de prácticas de conservación de suelos (P) 99
A3.6 Erosión laminar 100
Anexo 4. Suelos, capacidad de uso de la tierra 101
A4.1 Uso actual u ocupación del uso de la tierra 104
A4.2. Divergencias en el uso de la tierra 107
Anexo 5. Análisis de exposición en el cantón de Montes de Oro 110
A5.1 Exposición por inundaciones de la CNE 110
A5.2 Exposición por deslizamientos / coronas y flujos de lodo de la CNE 111
A5.3 Exposición a la inestabilidad de laderas por la metodología Mora&Vahrson 112
A5.4 Exposición por puntos de calor 113
A5.5 Exposición por erosión laminar 114

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. 15
Figura 2. Cantón de Montes de Oro y sus distritos 20
Figura 3. Cantón de Montes de Oro y sistema de drenaje por microcuencas 21
Figura 4. Cantón de Montes de Oro y sistema de drenaje por quebradas 22
Figura 5. Precipitación promedio total anual en el cantón de Montes de Oro 23
Figura 6. Temperatura promedio anual en cantón de Montes de Oro 24
Figura 7. Evapotranspiración promedio anual en el cantón de Montes de oro 25
Figura 8. Erosividad de la lluvia en el cantón de Montes de Oro 26
Figura 9. Zonas de vida en el cantón de Montes de Oro 27
Figura 10. Uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro 28
Figura 11. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Montes de Oro 29
Figura 12. Instrumentos de la Planificación Municipal 36
Figura 13. Inundaciones y flujos de lodo en el Cantón de Montes de Oro 40
Figura 14. Inestabilidad de laderas-CNE, en el Cantón de Montes de Oro 41
Figura 15. Inestabilidad de laderas-metodología Mora S. y Vahrson G. (1994), en el Cantón de Montes de Oro 42
Figura 16. Áreas de la inestabilidad de laderas tierra en el cantón de Montes de Oro 43
Figura 17. Erosión laminar en el cantón de Montes de Oro 44

Figura 18. Áreas de erosión laminar en el cantón de Montes de Oro 45
Figura 19. Incendios forestales en el cantón de Montes de Oro 46
Figura 20. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro 47
Figura 21. Conflictos del uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro 48
Figura 22. Multiamenazas en el cantón de Montes de Oro. 49
Figura 23. Percentil 90 – actual 50
Figura 24 Percentil 90 RCP2.6A, horizonte cercano 51
Figura 25. Diferencia entre P90 RCP26A medio y P90 actual 52
Figura 26. P90 actual 52
Figura 27. P90 escenario RCP26A “2030” 52
Figura 28. Índice de vulnerabilidad por UGN, cantón de Montes de Oro 55
Figura 29. Densidad por infraestructura en el cantón de Montes de Oro 56
Figura 30. Densidad por infraestructura en el cantón de Montes de Oro 56
Figura 31. Índice de vulnerabilidad ajustado por infraestructura y vialidad en el cantón de Montes de Oro 57
Figura 32. Exposición actual integrada o combinada en el cantón de Montes de Oro 59
Figura 33. Áreas y porcentajes del índice de exposición actual del cantón de Montes de Oro 60
Figura 34. Exposición futura por escenario P90 RCP26A en el cantón de Montes de Oro 61
Figura 35. Priorización por microcuencas, en el cantón de Montes de Oro 63
Figura 36. Áreas Silvestres Protegidas por exposición integrada de amenazas, en el cantón de Montes de Oro 64

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Áreas de subcuencas por ríos y quebradas 22
Cuadro 2. Zonas de Vida de Holdridge en el área de interés 28
Cuadro 3. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón deMontes de Oro 29
Cuadro 4. Distritos por cantones en área de análisis 30
Cuadro 5. Calificación del IDS por MIDEPLAN, 2017 y de IDH, 2018 por PNUD 31
Cuadro 6. Población urbana/rural y por distrito al 2011 31
Cuadro 7. Proyección de la población al 2025, por INEC, 2013 31
Cuadro 8. Indicadores económicos por distrito, INEC 2011. 32
Cuadro 9. Áreas de inundación y flujos de lodo en el cantón de Montes de Oro 40
Cuadro 10. Áreas de deslizamientos en el cantón de Montes de Oro 41
Cuadro 11. Áreas de inestabilidad de laderas en el cantón de Montes de Oro 42
Cuadro 12. Áreas de erosión laminar en el cantón de Montes de Oro 44
Cuadro 13. Áreas susceptibles a incendios por densidad de puntos de calor de Montes de Oro 46
Cuadro 14. Áreas y porcentajes de los conflictos del uso de la tierra 47
Cuadro 15. Variables utilizadas para el cálculo del índice de vulnerabilidad UCR (2021) 54
Cuadro 15. Índice de vulnerabilidad ajustado de Montes de Oro 57
Cuadro 17. Índice de exposicón en el cantón Montes de Oro 60
Cuadro 18. Estrategias de adaptación en el cantón de Montes de Oro 65
Cuadro 19. Roles de los actores a nivel cantonal, con respecto a la gestión ambiental y del recurso hídrico y de la gestión del riesgo 66

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 2

Figura A2-1. Esquema del proceso Mora y Vahrson 78
Figura A2-2. Pendientes, en grados, en el área de Montes de Oro 79
Figura A2-3. Factor Sp, metodología Mora & Vahrson, en el área de Montes de Oro 80
Figura A2-4. Geología en área de análisis del cantón de Montes de Oro 81
Figura A2-5. Factor LS, en área de análisis del cantón de Montes de Oro 82
Figura A2-6. Precipitación que infiltra, en el área de Montes de Oro 83
Figura A2-7. Factor de humedad (Sh) de la metodología Mora &Vahrson, en Montes de Oro 84
Figura A2-8. Susceptibilidad potencial a deslizamientos – Mora &Vahrson, en el área de interés 85
Figura A2-9. PGA en Gales, período de recurrencia de 500 años, para el área de análisis. 86
Figura A2-10. Factor de disparo por sismicidad, método Mora &Vahrson, en Montes de Oro 87
Figura A2-11. Intensidad de lluvia (Dp) para D=24 horas y PR=100 años, método Mora &Vahrson 88
Figura A2-12. Disparo por intensidad de lluvia (Dp), método Mora &Vahrson 89
Figura A2-13. Disparo total (Ds+Dp), método Mora &Vahrson 90
Figura A2-14. Inestabilidad de laderas, método Mora &Vahrson 91

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 2

Cuadro A2-1. Valores para obtener el factor SP, a partir de las pendientes en grados 80
Cuadro A2-2. Valores del factor de humedad en función de la precipitación que infiltra 83
Cuadro A2-3. Relación entre el Índice Modificado de Mercalli (IMM) y la aceleración pico del terreno (PGA).... 87
Cuadro A2-4. Calificativo para la precipitación máxima de 24 horas, para Tr= 100 años..... 88
Cuadro A2-5. Reclasificación de la amenaza por deslizamientos, según el método Mora y Vahrson..... 90

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 3

Figura A3- 1. Factor R (erosividad de la lluvia), en Montes de Oro..... 93
Figura A3- 2. Suelos a nivel de primer orden, área de Montes de Oro..... 94
Figura **A3**-3. Factor K (erodabilidad de los suelos), área de Montes de Oro..... 95
Figura A3- 4 Ilustración sobre el concepto de longitud del terreno. 96
Figura A3- 5. Factor LS en el área de Montes de Oro..... 97
Figura A3- 6. Factor C (uso y tipo de cobertura) en el área de Montes de Oro. 99
Figura A3- 7. Erosión laminar en el cantón de Montes de Oro.....100

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 3

Cuadro A3- 1. Valores de “C” y tipo de cobertura..... 98

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 4

Figura A4.1. Suelos por cuenca hidrográfica en el cantón de Montes de Oro.....102
Figura A4.2. Capacidad de los suelos por cuenca hidrográfica en el cantón de Montes de Oro 103
Figura A4. 3. Uso de la tierra en el área del cantón de Montes de Oro. 105
Figura A4. 4. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Montes de Oro.....106
Figura A4. 5. Divergencias del uso de la tierra en la cuenca del río Grande de Térraba.....108
Figura A4. 6. Conflictos del uso en área del cantón de Montes de Oro. 109

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 4

Cuadro A4- 1. Características de los suelos.....103
Cuadro A4- 2. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en la cuenca de Montes de Oro.....106
Cuadro A4- 3. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro 106
Cuadro A4. 4. Criterios de divergencias del uso de la tierra.....107
Cuadro A4- 5. Áreas y porcentajes de las divergencias del uso de la tierra. 109

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 5

Figura A5.1 Exposición a las inundaciones de la CNE, en el cantón de Montes de Oro 110
Figura A5.2 Exposición a la inestabilidad de laderas de la CNE, en Montes de Oro. 111
Figura A5.3 Exposición a la inestabilidad de laderas Mora&Vahrson, en Montes de Oro 112
Figura A5.4 Exposición a la densidad de puntos de calor, en Montes de Oro.....113
Figura A5.5 Exposición la erosión laminar respecto a áreas de conflictos de uso de la tierra, en Montes de Oro...114

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 (MINAE) 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:

a. 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;

b. Involucramiento de actores clave en los procesos de planificación e implementación de la adaptación a nivel subnacional;

c. Producción de evaluaciones de riesgo cantonal para identificar necesidades de adaptación;

d. Desarrollo de capacidades institucionales y técnicas en distintos niveles;

e. 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.

Por otro lado, 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 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 de la gestión del riesgo, con énfasis en medidas preventivas, y b) las llamadas medidas de obras grises (estructurales), que en este caso pueden llegar a ser obras hidráulicas de preventivas de protección.

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 Montes de Oro. Los instrumentos de planificación fueron suministrados por la Municipalidad y el proyecto Plan A y comprenden las herramientas típicas con que cuentan los gobiernos locales y que se detallan a continuación.

En relación con el ordenamiento territorial, la municipalidad se encuentra desarrollando insumos técnicos del diagnóstico territorial para el plan regulador, y en la búsqueda de financiamiento, para realizar una actualización completa. Se cuenta con 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, los mapas temáticos económicos. Se cuenta con el diagnóstico del eje social completo, y el diagnóstico del eje económico completo actualizado al 2021 de acuerdo con los lineamientos del Manual de Planes Reguladores de INVU. Estos estudios fueron facilitados al equipo consultor.

En el cantón se han realizado diferentes estudios relevantes, por lo que se revisó la documentación técnica disponible y accesible.

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, 2020), que presenta una 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 economía 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.

A partir del perfil climático y del perfil local, se determinan las necesidades y oportunidades de adaptación al cambio climático del cantón.

1.4. Objetivos

Los objetivos de este diagnóstico son:

- Elaborar un perfil climático y del 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 identificarán 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 del proyecto Plan A, partiendo de: a) Insumos para el diagnóstico territorial (social y económico), b) Panel de control con información e indicadores de capacidad adaptativa, c) Mapas y evaluaciones de riesgo climático, por lo que la metodología empleada consideró la revisión de la información de los estudios previos.

2.1 Perfil Climático

Respecto al perfil local, se revisó la información documental existente y accesible, suministrada por instituciones gubernamentales, el proyecto Plan A y por la municipalidad, así como otras fuentes a las que se pudo acceder. Esto permitió construir el perfil local del cantón que influye en gran medida en la forma en que afecta la variabilidad climática y el calentamiento global antropogénico a las comunidades y actividades del cantón.

[1] Siguiendo la propuesta de Plan - A, expresada en los términos de referencia de la consultoría, se consideraron los insumos, de los informes socioeconómico del Plan Regulador (INVU, 2012) y la propuesta metodológica costo-efectiva para la generación de evaluaciones de riesgo ante impactos relacionados a la variabilidad y el cambio climático (UCR, 2021).

Para definir el perfil climático de Montes de Oro se siguieron los pasos siguientes, con un análisis de consideraciones y 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. Condiciones de vulnerabilidad
4. Situaciones de exposición/vulnerabilidad
5. Consideraciones de los impactos y análisis de riesgos
6. 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 este estudio calculó el riesgo en las condiciones límites o extremas que pueden causar efectos negativos en una población.

[2]Información disponible en el SNIT

Análisis de supuestos. El presente estudio considera que aún debe profundizarse en los análisis para determinar las relaciones directas entre eventos como inundaciones o deslizamientos y los indicadores P90 y P10 para que estos últimos sean considerados como amenazas sobre la población y el ambiente.

2.1.3 Condiciones de exposición / vulnerabilidad

UCR (2021) define la vulnerabilidad 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 SE 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[3]"; 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 explica 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.

2.1.4 Condiciones de impacto riesgo

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 expresada en el mismo rango estándar. Esto se ha utilizado en estudios de riesgo basados en indicadores.

[3] 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).

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 la 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 inconsistencias con respecto a las amenazas conocidas.

Análisis de supuestos. El considerar el P90 o el P10 como las amenazas climáticas por humedad extrema o por sequía 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 alternativa 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. Para reforzar y abordar algunos de los hallazgos derivados del análisis de los insumos básicos disponibles, se proponen los puntos siguientes:

- La información y datos sociodemográficos y socioeconómicos, estandarizados por Unidad Geoestadística Mínima (UGM), puede complementarse en el aspecto económico, ampliándose la selección de variables para robustecer el análisis. Esto en la medida en que se pueda acceder la información base del INEC.
- La información de las UGM se considera un análisis que permite aproximarse a la exposición social - económica y al que se le podría denominar "índice de vulnerabilidad socioeconómica".
- Se siguen supuestos de la existencia y acceso a la información, generada para el cantón:
  - Uso-cobertura de la tierra, el cual debe actualizarse.
  - Análisis de los suelos, incluida su taxonomía. En el caso de Montes de Oro se cuenta con un mapa apropiado para este análisis realizado por MAG (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.
- Se toman en cuenta las amenazas costeras para los cantones con áreas costeras (Lizano, O., 2014). Igualmente, será considerada la amenaza de los incendios forestales.
- Se construye 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), sólo se utiliza la información relacionada con la vulnerabilidad por UGM, siendo que no se cuenta con las memorias de cálculo ni con los insumos para su revisión o reelaboración.

- Este diagnóstico debe crear información útil para el Plan Regulador y para las estrategias locales. Por esta razón, la información por cantón o distrito no es funcional para modificar la UGM.
- El propósito es el de concebir y proponer las medidas de adaptación basadas en la naturaleza y para la gestión del riesgo en las áreas impactadas.
- 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 revisa qué sucedería en el futuro al considerar la diferencia de los escenarios, e igual la lluvia mínima. Esto finalmente se hizo sólo para el extremo lluvioso y con información del IMN.

Limitantes del modelo:

- Es importante señalar que este modelo es limitado, como se expresó, pues lo ideal es trabajar con una climatología mensual, que permita elaborar variables bioclimáticas y de indicadores de los principales cultivos. Además, es deseable una modelación probabilística de las inundaciones, de la inestabilidad de laderas, de la erosión y de otras amenazas, para el escenario actual y para los escenarios futuros considerados. Esto permitiría analizar los adelantos u atrasos en la lluvia que afectan a los cultivos (estudio agrometeorológico del calentamiento global antropogénico (CGA), los ecosistemas y a la sociedad y los medios de vida.
- El concepto de 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)., Por esta razón, lo propuesto en este estudio es corto pero se mejora 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 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 para mejorar este producto y como parte de esta metodología se propone la realización de talleres a nivel distrital. Para interpretar el esquema, se recomienda revisar el glosario en el Anexo 1.

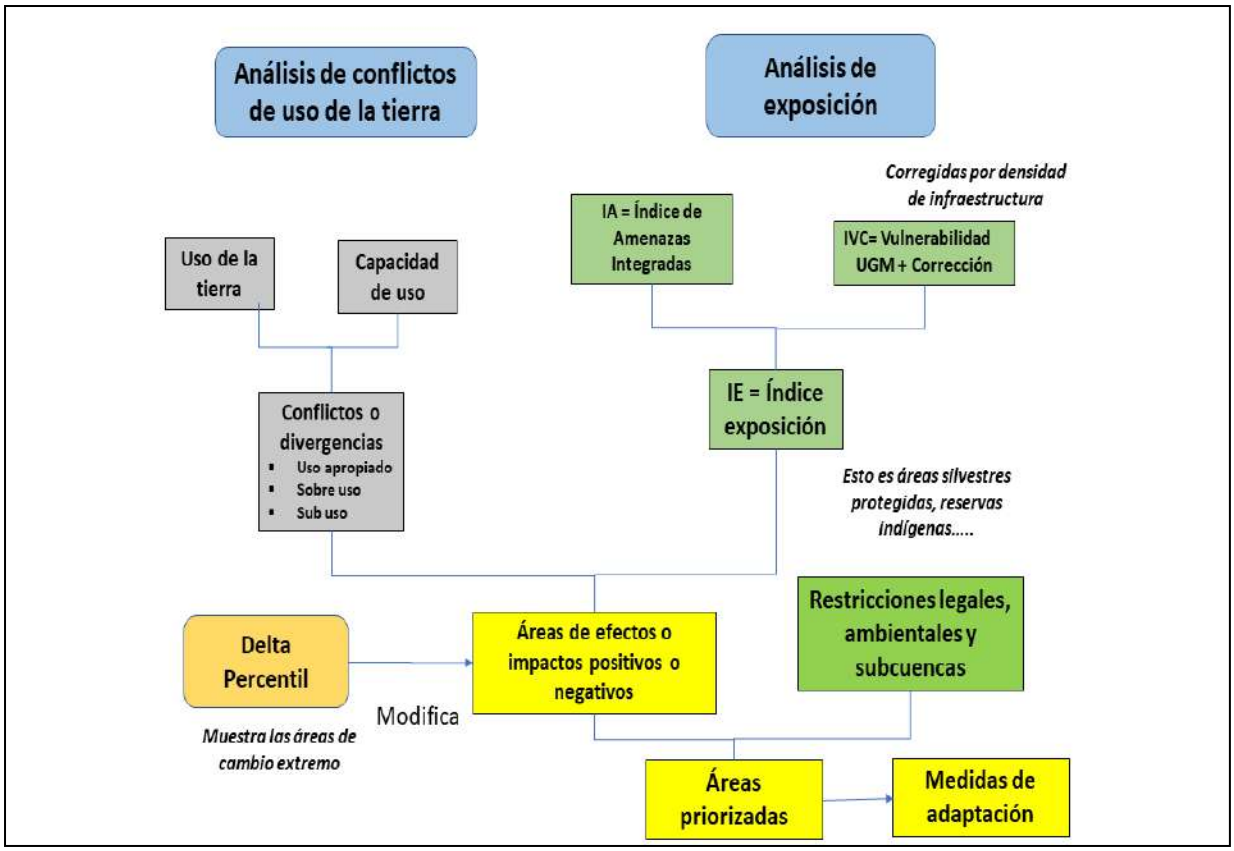

Figura 1. Esquema metodológico propuesto para el desarrollo del análisis de los conflictos en el uso de la tierra y de la exposición ante las amenazas relacionadas con los procesos de origen hidrometeorológico y de la geodinámica externa.

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 cuál(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[4] para el cantón de Montes de Oro fueron suministrados por el estudio y geo bases de datos UCR (2021). Siguiendo el Quinto Informe IPCC[5], 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/m2; 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 del escenario. 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, relacionadas con la variabilidad climática (VC) y el calentamiento global antropogénico (CGA), según el análisis realizado de la información suministrada.

[4] 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).

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

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 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-amenza (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 multi-amenaza. 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. Tómese en cuenta que, este ejercicio implicaría también el hecho de 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

En el cantón de Montes de Oro, se han realizado diversos estudios que incluyen la información digital del Plan Regulador iniciado con apoyo del INVU (2012), así con diferentes capas de los Índice de Fragilidad Ambiental (IFAs) y otros estudios sociales. Estos ya tienen varios años lo que provoca una desactualización de la información, sin llegar a obtener la aprobación del Plan Regulador. Con esta información y otra adicional más reciente, se caracteriza el perfil local de Montes de Oro.

3.1 Localización geográfica del cantón de Montes de Oro

En la Figura 2 se incluye el ara de análisis que corresponde a al cantón de Montes de Oro. Las coordenadas geográficas medias del Cantón de Montes de Oro están dadas por 10º 08´ 12´´ latitud norte y 84º 44´ 07´´ longitud oeste. Los límites del cantón son: al **Norte** el cantón Central de Puntarenas, al **Sur**: el cantón Central de Puntarenas, al **Este el** cantón de Esparza y el cantón de San Ramón, y al **Oeste:** Cantón Central de Puntarenas (teniendo como línea divisoria el Río Aranjuez).

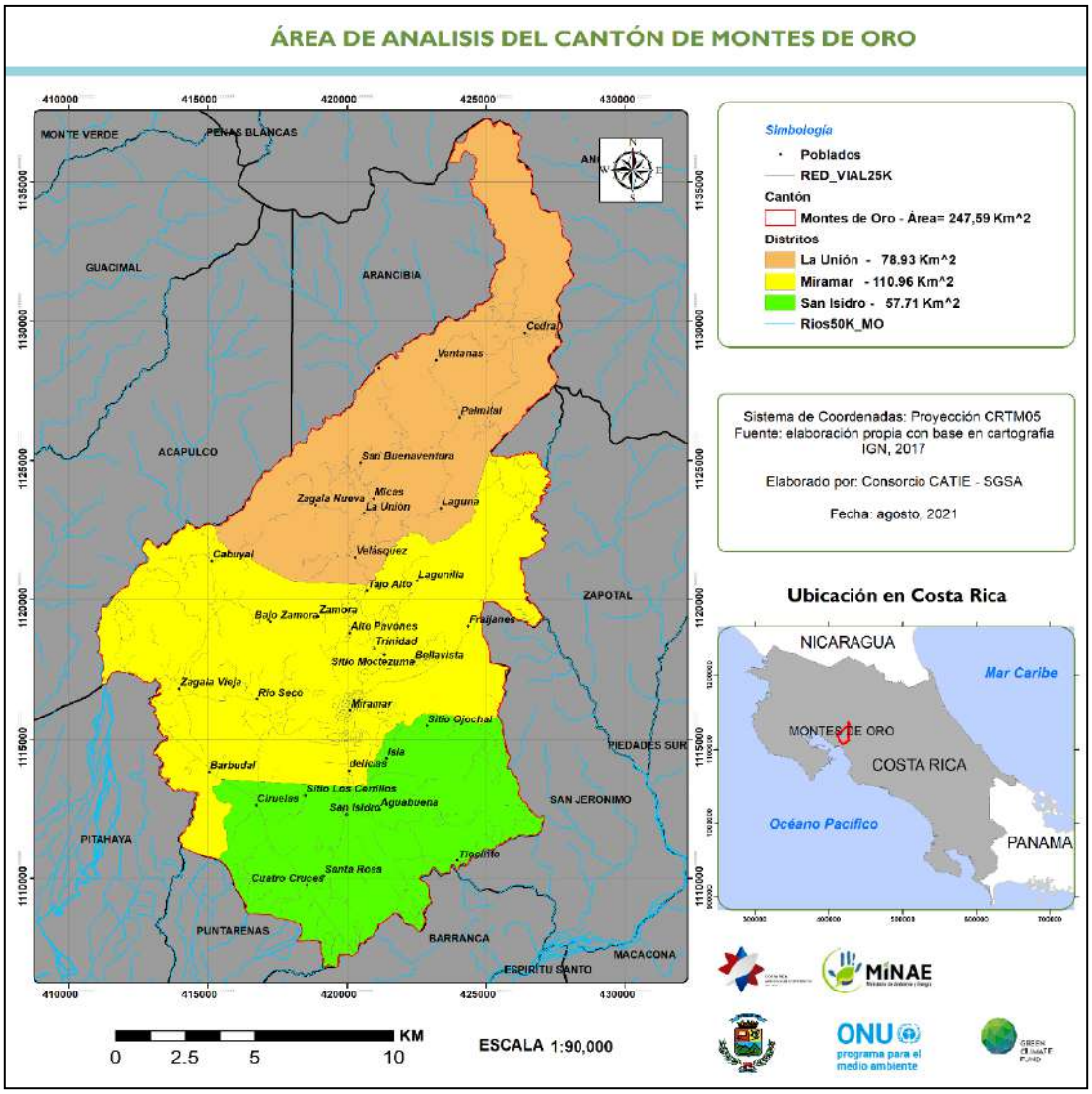

Figura 2. Cantón de Montes de Oro y sus distritos

Por la ley N.º 42 del 17 de julio de 1915, Montes de Oro se constituyó como el cantón número cuatro de la Provincia de Puntarenas, con tres distritos. Se designó como cabecera la población de Miramar. Montes de Oro, procede del cantón de Puntarenas, establecido este último en ley N.º 22 del 4 de noviembre de 1862. (INVU, 2012). Montes de Oro (247,59 km²), es el cantón cuarto de la Provincia de Puntarenas (sexta de la República de Costa Rica), sus distritos son: **Primero**: Miramar (125.87 km²), **Segundo**: Unión (78,93 km²) y **Tercero** San Isidro (57.71 km²). La cabecera del cantón se localiza en la Ciudad de Miramar, en el distrito del mismo nombre y se localiza, desviándose 7 Km. al norte, de la carretera interamericana (nacional N.º 1), a la altura de Cuatro Cruces.

3.2 Cuencas hidrográficas del cantón de Montes de Oro

El cantón de Montes de Oro 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: Aranjuez, Naranjo, Ciruelas, Seco y diferentes quebradas. En la Figura 3 se presentan las subcuencas principales que comprende el territorio del cantón de Montes de Oro.

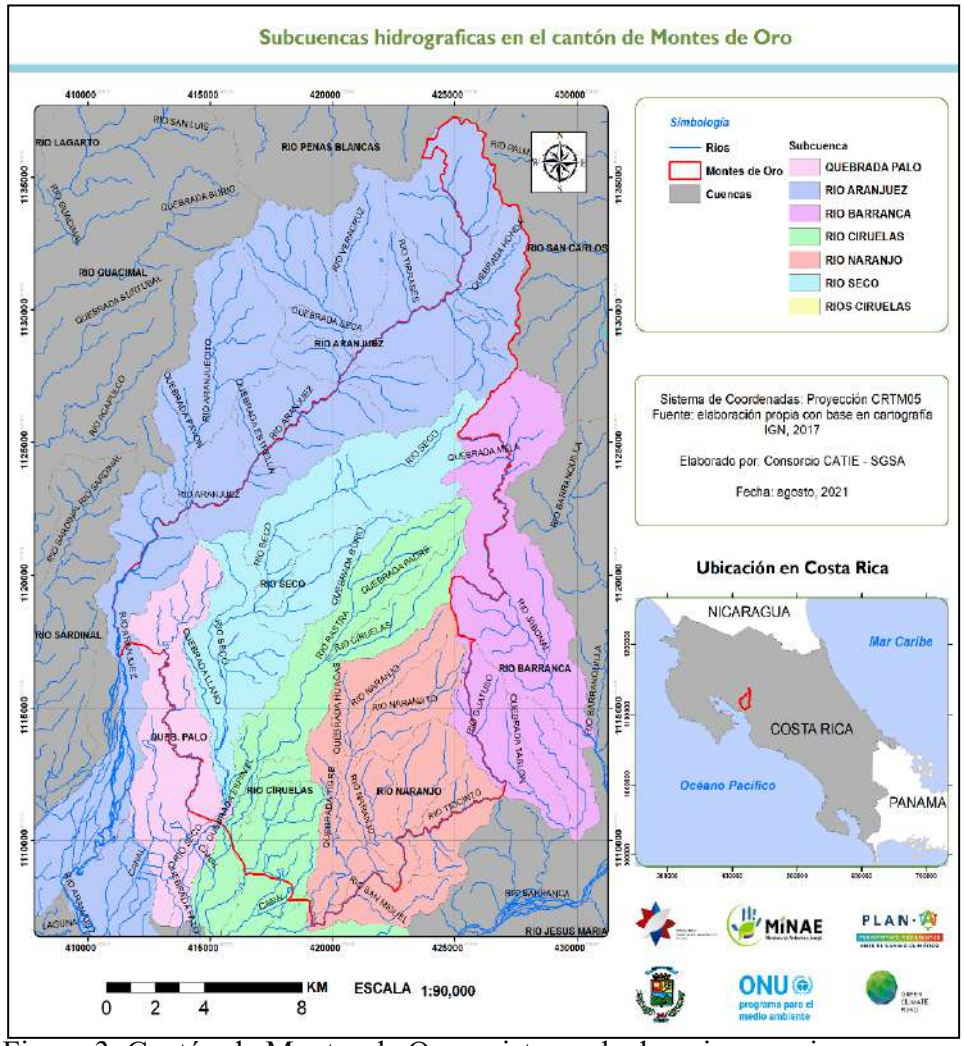

Figura 3. Cantón de Montes de Oro y sistema de drenaje por microcuencas

En la Figura 4 se presentan las quebradas en el territorio del cantón de Montes de Oro y en el Cuadro 1 se resumen sus áreas.

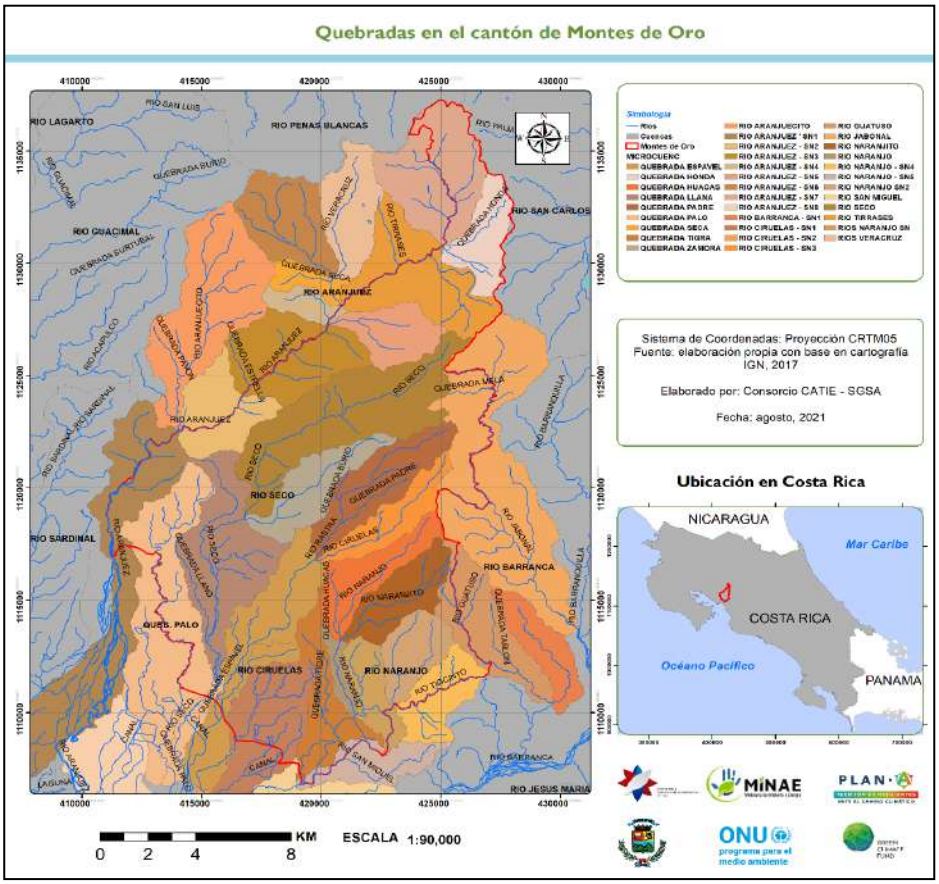

Figura 4. Cantón de Montes de Oro y sistema de drenaje por quebradas

Cuadro 1. Áreas de subcuencas por ríos y quebradas

Número	Quebrada o río	Area Km^2
1	QUEBRADA ESPAVEL	21.28
2	QUEBRADA HONDA	8.29
3	QUEBRADA HUACAS	9.71
4	QUEBRADA LLANA	21.20
5	QUEBRADA PADRE	13.07
6	QUEBRADA PALO	34.57
7	QUEBRADA SECA	3.26
8	QUEBRADA TIGRA	10.24
9	QUEBRADA ZAMORA	10.49
10	RIO ARANJUECITO	25.66
11	RIO ARANJUEZ - SN1	35.14
12	RIO ARANJUEZ - SN2	11.33
13	RIO ARANJUEZ - SN3	16.85
14	RIO ARANJUEZ - SN4	3.51
15	RIO ARANJUEZ - SN5	8.25
16	RIO ARANJUEZ - SN6	12.86
17	RIO ARANJUEZ - SN7	19.35
18	RIO ARANJUEZ - SN8	12.28
19	RIO BARRANCA - SN1	7.83
20	RIO CIRUELAS - SN1	16.38
21	RIO CIRUELAS - SN2	0.95
22	RIO CIRUELAS - SN3	8.08
23	RIO GUATUSO	13.94
24	RIO JABONAL	43.32
25	RIO NARANJITO	9.66
26	RIO NARANJO	2.73
27	RIO NARANJO - SN1	6.70
28	RIO NARANJO - SN2	7.92
29	RIO NARANJO - SN3	8.93
30	RIO NARANJO - SN4	8.00
31	RIO SAN MIGUEL	12.33
32	RIO SECO	28.82
33	RIO TIRRASES	19.42
34	RIO VERACRUZ	10.91
Total		483.27

Fuente: Eleboracion propia con base de MNT derivado de IGN-RN, 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 anuales

Para determinar la precipitación promedio en el área se recurrió al balance hídrico realizado por CATIE y CRS (2015), con base en datos del IMN para Costa Rica. En la Figura 1 se presenta la precipitación promedio anual del cantón de Montes de Oro. La precipitación varia de 1940 mm a 3627 mm, con un núcleo máximo en la parte central al E del cantón en tono azul en el rango de 3255 mm a 3627 mm, rodeado de tonos verdes y una media para el cantón de 2702 mm. También se tiene este rango máximo en la parte norte del cantón. En la parte SW hacia el sur del cantón se tiene la más baja precipitación en el rango de 1940 a 2204 mm, en color naranja obscuro. 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.

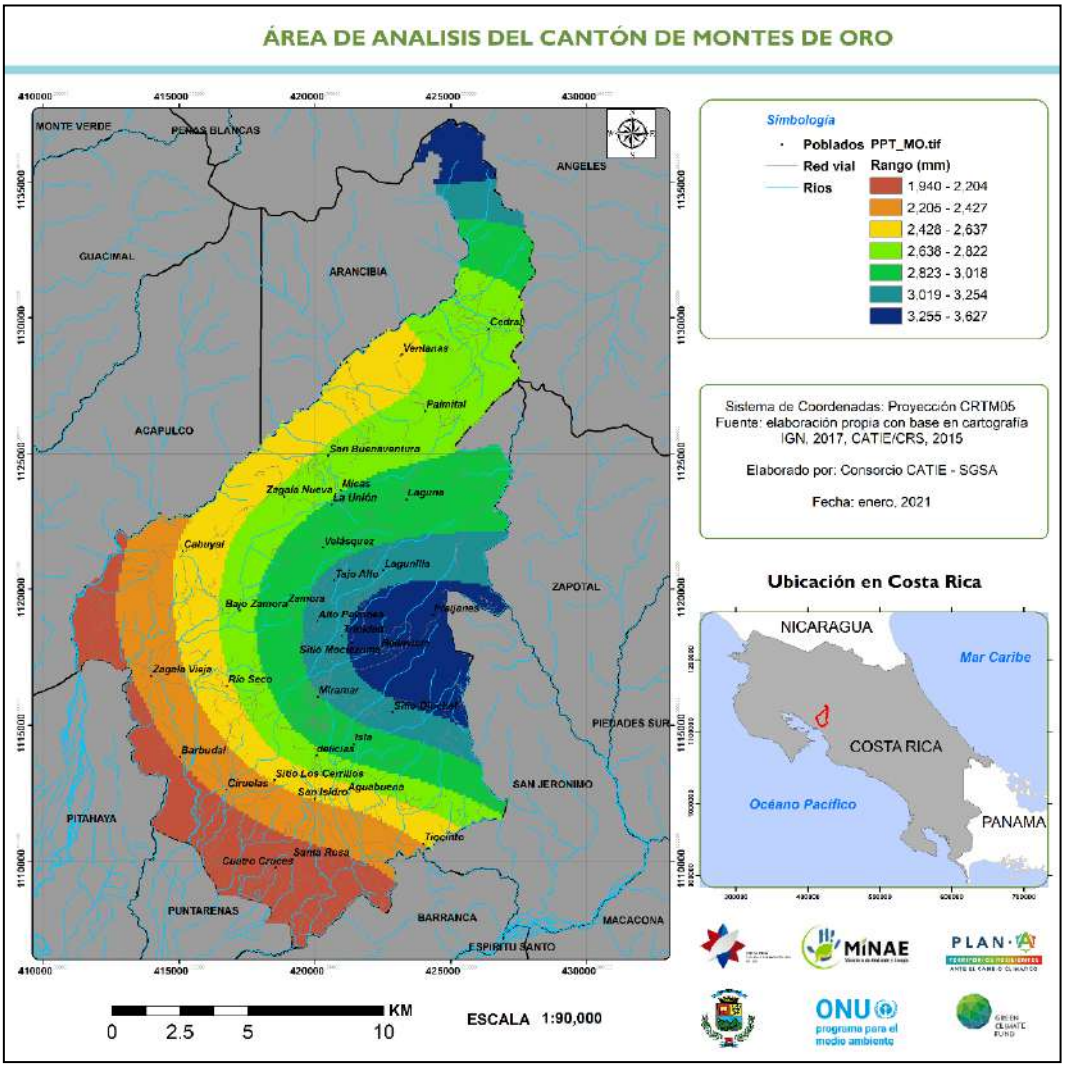

Figura 5. Precipitación promedio total anual en el cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia, con base en CATIE-CRS (2015)

3.3.2 Temperatura

Para determinar la temperatura promedio anual, en el área se recurrió al balance hídrico realizado por CATIE y CRS (2015), con base en datos del IMN para Costa Rica. En la Figura 6 se presenta la extrapolación de las isotermas hacia los sectores del cantón donde no existe información utilizando gradiente constante. La temperatura varía de 16,81 °C a 26,63°C con una media de 23,05 °C. Los rangos de menor temperatura se dan en café obscuro y se ubican, en las partes NE media y al Norte del cantón, en cercanías de Laguna y Cedral.

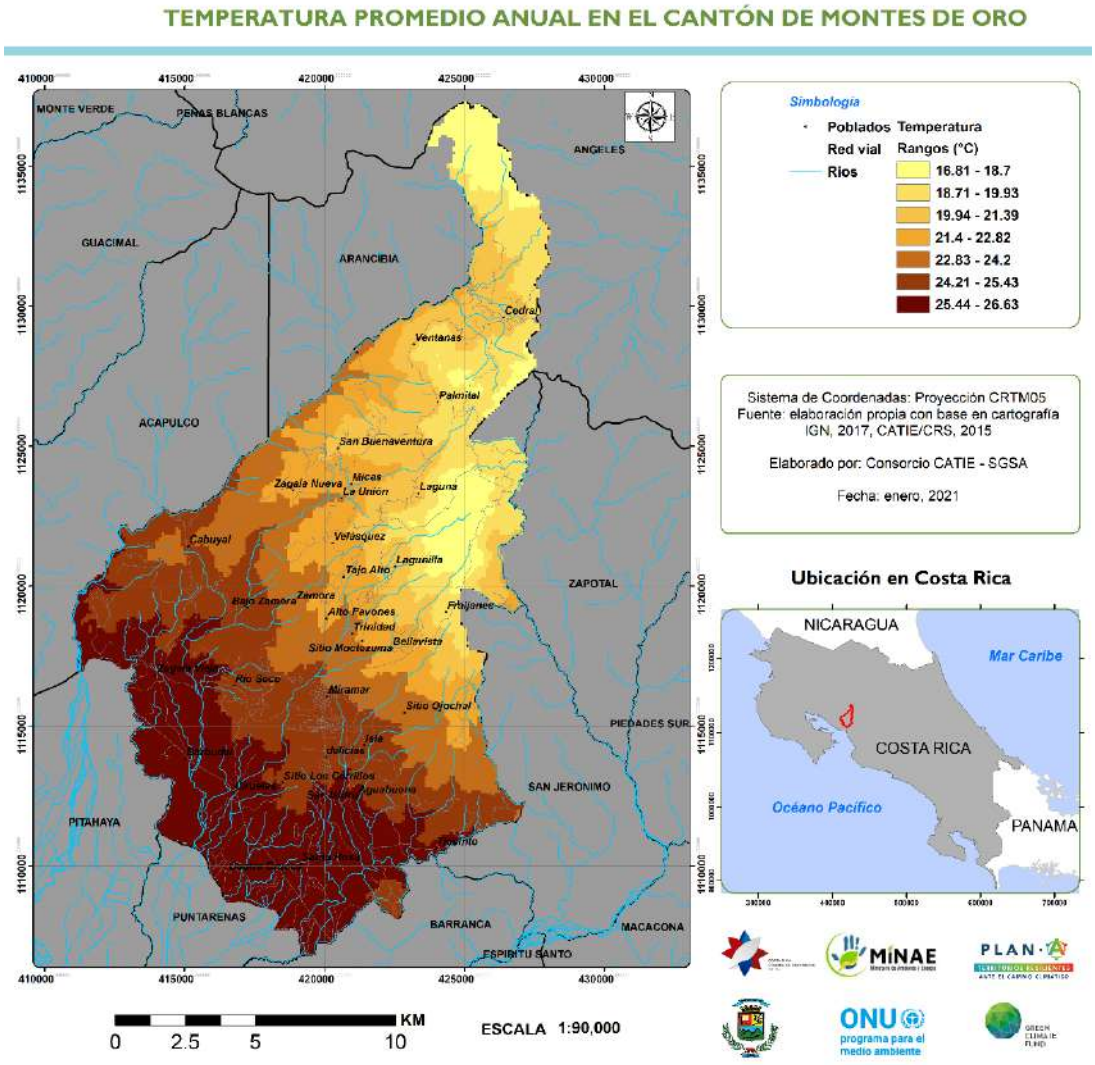

Figura 6. Temperatura promedio anual en cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia, con base en balance CATIE-CRS (2015)

3.3.3 Evapotranspiración potencial (EVTp)

Para determinar la evapotranspiración promedio anual en el área, se recurrió al balance hídrico realizado por CATIE y CRS (2015), con base en datos del IMN para Costa Rica. En la Figura 7 se presenta la extrapolación de las isolíneas hacia los sectores del cantón donde no existe información. La evapotranspiración varía de 991 mm a 1569 mm, con una media de 1358,4 mm. Los rangos de menor evapotranspiración se dan en café obscuro naranja y se ubican, en las partes NE media y al Norte del cantón, en cercanías de Laguna y Cedral, correspondiendo con la temperatura que es menor en esta área.

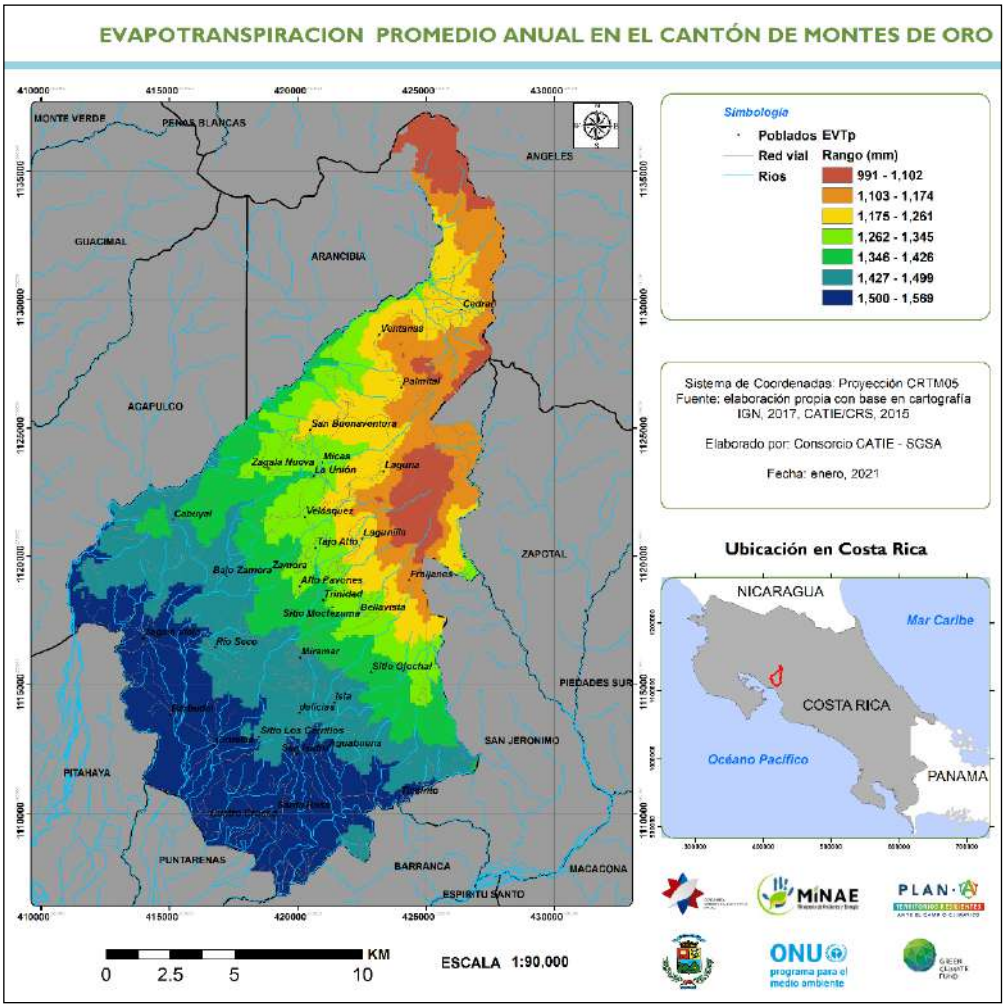

Figura 7. Evapotranspiración promedio anual en el cantón de Montes de oro
Fuente: Elaboración propia, con base en balance CATIE-CRS (2015)

La evapotranspiración aumenta hacia Sur y SO del cantón de Montes de Oro, en color azul con el rango de 1500 a 1569 mm.

En general, los valores de evapotranspiración 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 el área. Los valores de evapotranspiración 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.

3.3.4 Velocidad y dirección del viento

Luego de la revisión del diagnóstico INVU (2011), de los IFAs (2012). del alcance ambiental Astorga et al (2013), no se encuentra información del viento en el cantón de Montes de Oro, a pesar de la evidencia de la iniciativa, denominada Proyecto Eólico Montes de Oro, que producirá una potencia de 20 megavatios (MW) a través de ocho aerogeneradores instalados en una finca de 105 hectáreas, citado en REVE (2011). Las velocidades de viento por zonas para Costa Rica con base en límites políticos para un período de retorno de 50 años ubican a Montes de Oro con vientos de 50 Km/hr. (Patiño, 2007)

3.3.5 Erosividad de la lluvia en el cantón de Montes de Oro

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 la capacidad erosiva de las mismas 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.

En la Figura 8 se incluye el factor R o erosividad de la lluvia para el cantón de Montes de Oro. Este factor, será tomado en cuenta en el Anexo 3, para el cálculo de la erosion laminar EUPS.

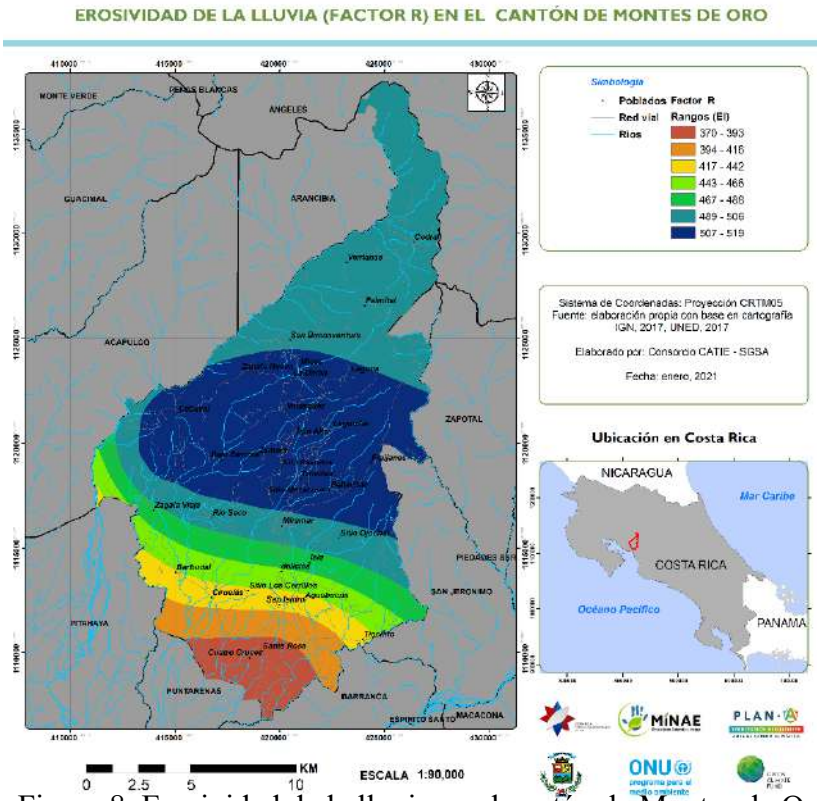

Figura 8. Erosividad de la lluvia en el cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia

3.3.6 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 9 se muestran las 10 zonas de vida, que se presentan en el cantón de Montes de Oro, indicativo de la variedad climática y de la alta biodiversidad del cantón.

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.

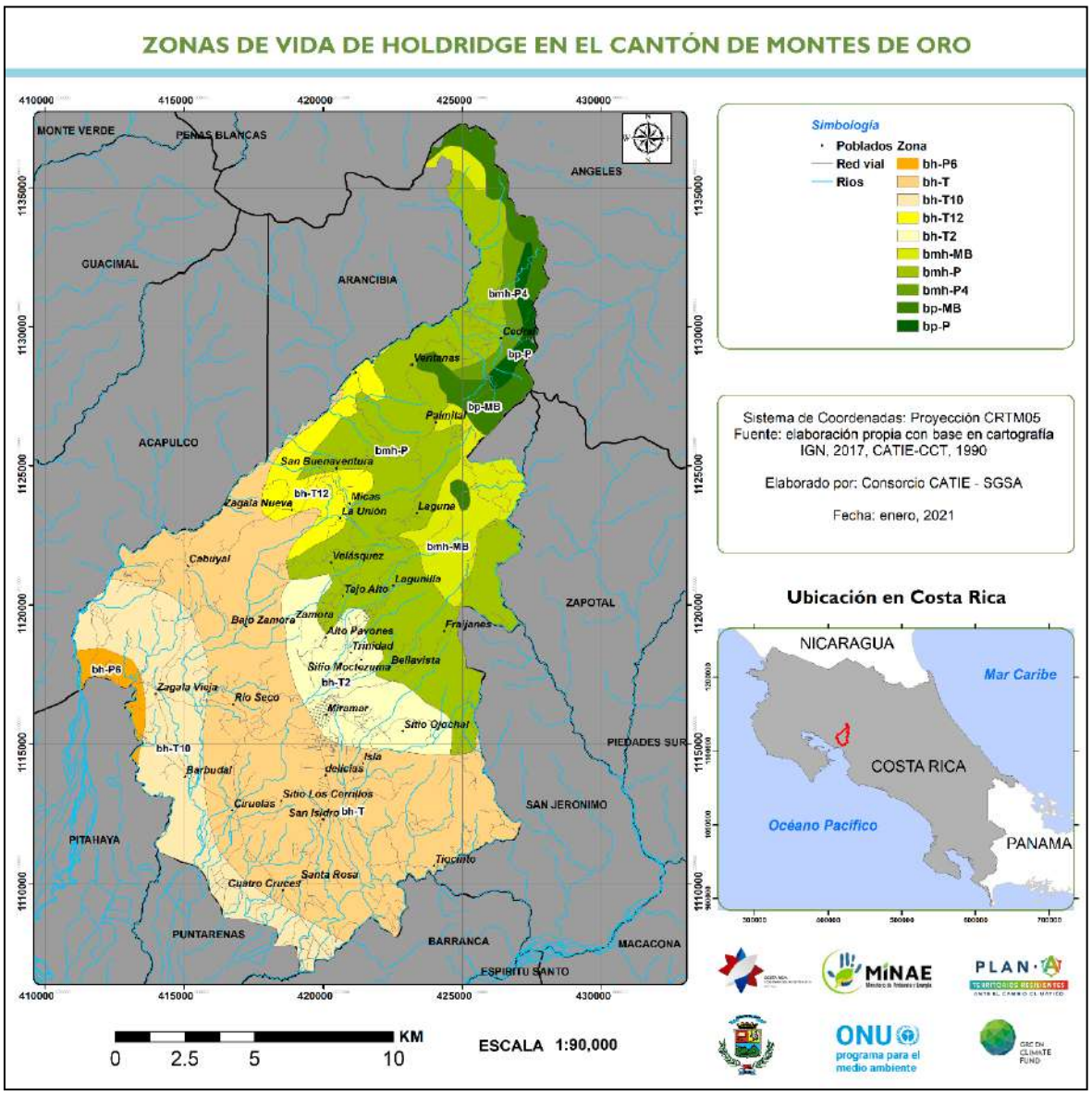

Figura 9. Zonas de vida en el cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia, con base información CATIE, CCT 1990

En el Cuadro 2 se incluye el resumen de las áreas de las zonas de vida presentes en el cantón de Montes de Oro. Se tienen 10 zonas de vida con bosque húmedo el 63,22% o 156,52 Km^2, con bosque muy húmedo 31,52% o 78,06 Km^2, y con bosque pluvial con 5,26% o 13,03 Km^2, indicativos de zonas lluviosas y que siguen l tendencia de la precipitación promedio total.

Cuadro 2. Zonas de Vida de Holdridge en el área de interés

Número	Zona	Nombre	Piso	Bio temperatura	Precipitacion (mm)	Area (Km^2)	Porcentaje
1	bh-P6	Bosque húmedo premontano transición a basal	Premontano	18-24	2000-4000	3.30	1.33%
2	bh-T	Bosque húmedo tropical	Basal	24-30	2000-4000	90.14	36.41%
3	bh-T10	Bosque húmedo tropical transición a seco	Basal	24-30	2000-4000	31.63	12.78%
4	bh-T12	Bosque húmedo tropical transición a premontano	Basal	24-30	2000-4000	11.15	4.50%
5	bh-T2	Bosque húmedo tropical transición a perhúmedo	Basal	24-30	2000-4000	20.29	8.20%
6	bmh-MB	Bosque muy húmedo montano bajo	Montano Bajo	12-18	4000-8000	13.53	5.46%
7	bmh-P	Bosque muy húmedo premontano	Premontano	18-24	4000-8000	61.17	24.71%
8	bmh-P4	Bosque muy húmedo premontano transición a pluvial	Premontano	18-24	4000-8000	3.34	1.35%
9	bp-MB	Bosque pluvial montano bajo	Montano Bajo	12-18	8000- +	10.21	4.12%
10	bp-P	Bosque pluvial premontano	Premontano	18-24	8000- +	2.82	1.14%
Total						247.59	100.00%

3.3.7 Uso de la tierra

Para elaborar el mapa del área que comprende el cantón de Montes de Oro, se utilizó el mapa de la fotointerpretación de la Ortofoto, del IGN-RN, 2017, produciéndose el uso de la tierra, que se muestra en la Figura 10.

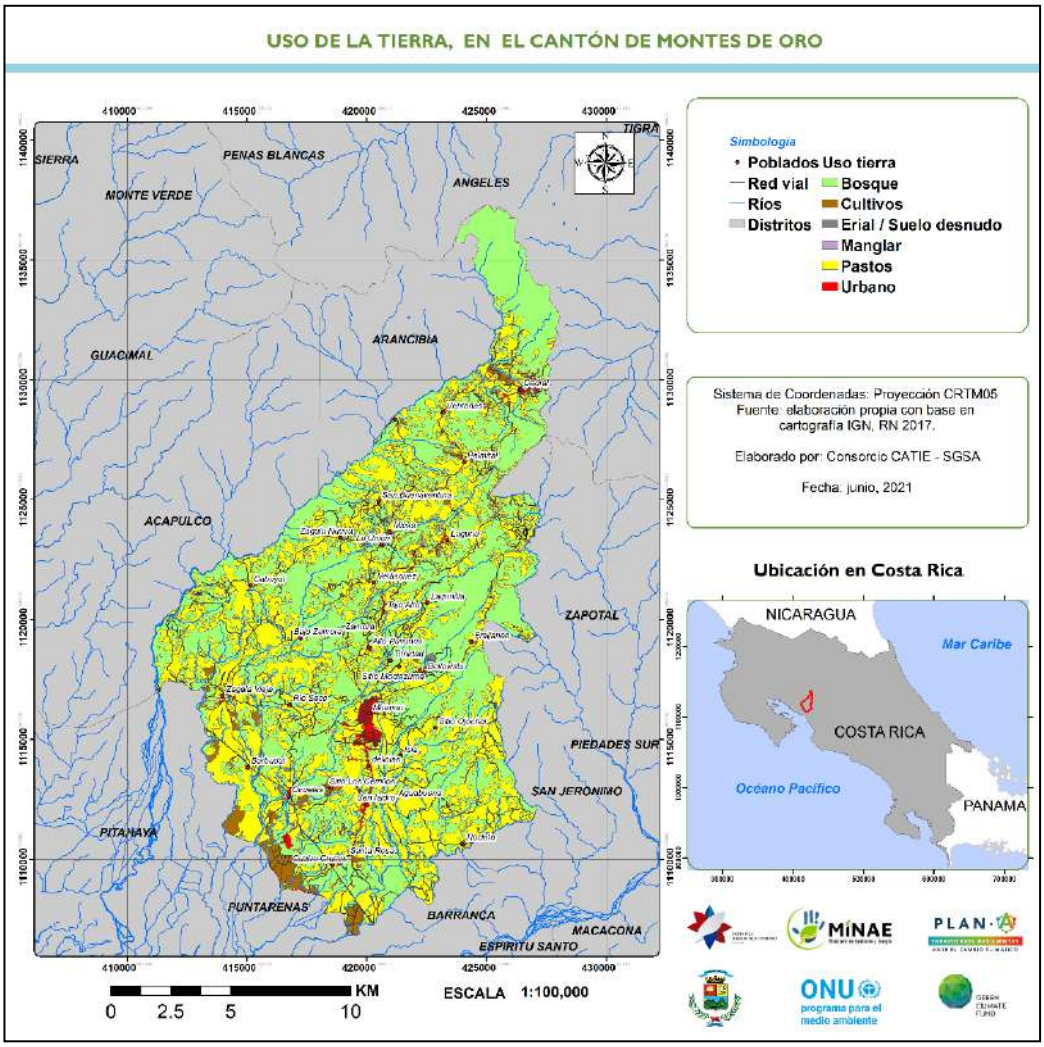

Figura 10. Uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia, con mapas e información Orthofoto, 2017.

En el Cuadro 3 se resumen las áreas de las categorías de uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro, y en la Figura 11 en términos de áreas y porcentajes. Con uso urbano, se tiene un 0,74%, en cultivos 2,80 %, en bosque se tiene un 54,83%, en pastos un 41,33%, con 0,66% para suelos desnudos o descubiertos, y un 0,04% para manglares o áreas anegadas.

Cuadro 3. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro

Uso de la tierra	Area Km^2	Porcentaje
Anegados o manglar	0.11	0.04%
Bosque	136.04	54.83%
Cultivos	6.94	2.80%
Pastos	102.54	41.33%
Terreno descubierto	0.66	0.26%
Urbano	1.84	0.74%
Total	248.12	100.00%

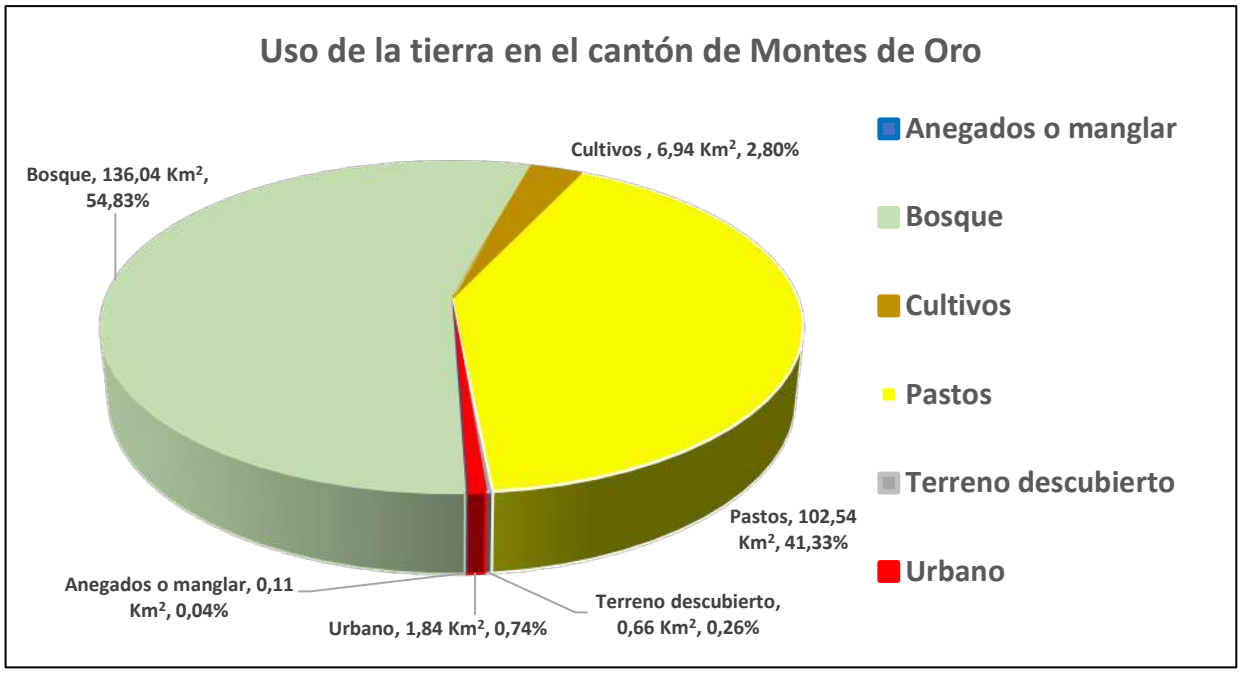

Figura 11. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia

El 44,12% equivalente a 109,48 Km^2, del área son pastos y cultivos, con 55,13% o 136,8 Km^2, en condición natural (bosque, terreno descubierto y anegados), o bien un 44,87% o 111,13 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 Montes de Oro

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, Cada año el PNUD recoge datos de diferentes programas de la ONU para elaborar este indicador.

Para el cantón de Montes de Oro el IDH al 2018 es de 0,805, compuesto por una esperanza de vida (ODS 3) de 80,4 años, para los años esperados de escolaridad (ODS 4.3) se tienen 12,6 años, los años promedio de escolaridad (ODS 4.6) son 7,8, consumo eléctrico per cápita 754, ubicándose el lugar 35 de 82 cantones[6], considerado como muy alto (PNUD, 2018), valor que induce a sobre calificativo si se compara con indicadores de limites administrativos de mayor detalle como el distrital que es superado a su vez por el segmento censal y éste por la UGM.

PNUD, también presenta el índice de desarrollo humano ajustado por desigualdad (IDHD), con valor de 0,687 con calificativo de medio.

El índice de desarrollo por género (IDG) tiene un valor de 0,957, con calificativo de medio alto. 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 4 se muestra el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de MIDEPLAN (2017). Esto indica que el cantón se califica como medio y es medio en dos distritos: Miramar y San Isidro, y bajo en la Unión. El IDH del PNUD lo califica como alto a nivel cantonal.

Cuadro 4. 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
Puntarenas	Montes de Oro	Unión	60402	601	648	1249	75.93	16.4	53.83	343	B
		Miramar	60401	4259	4039	8298	114.20	72.7	72.22	132	M
		San isidro	60403	1651	1752	3403	57.95	58.7	65.35	216	M
Subtotal o promedio		**3**		**6511**	**6439**	**12950**	**248.08**	**49.3**	**63.8**	**230.3**	M

En rojo 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 5.

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

Cuadro 5. 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 6. La población total fue de 12950 habitantes, con 49,7% de hombres y 50,3 % de mujeres, con una densidad del 49,86 hab./Km^2.Los distritos con mayor densidad poblacional son Miramar y San Isidro, con densidades de 74,78 hab./Km^2 y 58,97 hab./Km^2.

Cuadro 6. Población urbana/rural y por distrito al 2011

Distrito	Urbano			Rural			Total			Área (Km^2)	Densidad (pob./Km^2)
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres		
Mirmar	7493	3619	3874	805	419	386	8298	4038	4260	110.96	74.78
La Unión	0	0	0	1249	650	599	1249	650	599	78.93	15.82
San Isidro	1376	684	692	2027	1066	961	3403	1750	1653	57.71	58.97
Montes de Oro	**8869**	**4303**	**4566**	**4081**	**2135**	**1946**	**12950**	**6438**	**6512**	**247.6**	**49.86**
Porcentaje	100.0%	49.7%	50.3%	100.0%	52.3%	47.7%	100.0%	49.7%	50.3%		

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC, 2011

Ante la falta de datos censales más actuales, se considera la proyección de la población al 2025, se proyecta que la población pasará de una densidad promedio de 49,86 hab./Km^2, en el 2011 a 58,46 hab./Km^2 en el 2025, En cuanto a grupo vulnerable (GV), conformado por población de menos de 14 años y mayor de 65 años, el porcentaje será de 18,87% o 2786 personas.

Cuadro 7. Proyección de la población al 2025, por INEC (2013)

Disrito	Total	0 a 4	Mayor 65	Total GV	Porcentje GV	Área (Km^2)	Densidad (pob./Km^2)
Mirmar	9207	558	1179	1737	18.87%	110.96	82.98
La Unión	1542	90	196	286	18.55%	78.93	19.54
San Isidro	4205	294	469	763	18.15%	57.71	72.86
Total	**14954**	**942**	**1844**	**2786**	**18.87%**	**247.6**	**58.46**

En el Cuadro 8, 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 52,3% (5175 personas)., siendo la tasa de población económicamente inactiva más alta la de La Unión.

Cuadro 8. Indicadores económicos por distrito, INEC 2011.

Montes de Oro. Indicadores económicos, según cantón y distrito									
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
Miramar	6 433	48.9	47.9	2.0	51.1	1.6	7.8	20.5	71.7
La Unión	968	41.8	41.2	1.5	58.2	2.1	53.6	9.3	37.1
San Isidro	2 494	46.7	44.3	5.0	53.3	1.9	15.1	21.4	63.5
Montes de Oro	**9 895**	**47.7**	**46.4**	**2.7**	**52.3**	**1.7**	**13.6**	**19.7**	**66.7**

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

Se revisaron los documentos suministrados por la Municipalidad, en particular el Plan Estratégico Municipal (PEM, 2016), el cual define los valores y objetivos, la misión y la visión del gobierno local.

Visión. Gobierno local que promueve el desarrollo integral del cantón de Montes de Oro, garantizando una mejor calidad de vida a sus habitantes, mediante una eficiente y eficaz gestión administrativa y prestación de servicios y fomentando el crecimiento constante y continuo con una amplia participación ciudadana. (PEM, 2016)

Misión: "Ser un Gobierno Local que ofrezca una excelente atención, ejecutando proyectos en pro del desarrollo sostenible del cantón, con igualdad de oportunidades, inclusivo y en armonía con la naturaleza". (PEM, 2016)

Valores (PEM, 2016)***:***

1- Compromiso
2- Equidad De Género
3- Probidad
4- Responsabilidad
5- Solidaridad
6- Tolerancia

Objetivos (PEM, 2016)*:*

1. Bienestar Social
2. Capacidad y Eficiencia Institucional
3. Integralidad del Desarrollo
4. Participación Ciudadana y Empoderamiento
5. Seguridad Humana
6. Sostenibilidad Socioeconómica, Política Y Ambiental
7. Transparencia y Rendición De Cuentas

El artículo 1 del Código Municipal vigente desde 1981 establece que el cantón promueve y administra sus propios intereses por medio del gobierno municipal, del cual es su cabecera., esto es, los cantones son la sede del gobierno municipal, con instrumentos que comprende:

1- Plan estratégico de desarrollo (PEDM)
2- Plan regulador (PR)
3- Plan operativo de trabajo (POT)
4- Plan vial quinquenal (PVQ)
5- Comisiones
6- Otros: Plan de desarrollo rural territorial 2016-2021

- *Plan de Estratégico de Desarrollo Municipal (PEDM), 2016*

El Plan Estratégico de Desarrollo Municipal es un instrumento que permite proyectar el cambio del cantón de Montes de Oro, pasando de la imagen actual a la imagen que se anhelada El PEDM responde en la fase actual a cómo somos, dónde estamos, cuáles son los obstáculos, que nos falta superar para ser un cantón con mejores condiciones socioeconómicas; y proponer que quieren ser, hacia dónde van, como conseguirlo, con quién hacerlo, y con qué recursos lograrlo. El PEDM se concibe como un instrumento de gobierno local, tanto para el sector público como el privado, su ámbito de actuación es integral, urbano y rural.

El PEDM constituye una herramienta para el ordenamiento sistemático de los procesos de Planificación Municipal, que permite realizar proyectos sostenibles tomado en cuenta la participación de la ciudadanía y la alineación estratégica de actores. La Estrategia para el Desarrollo Municipal de Mediano Plazo junto con el Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2015-2025, son herramientas municipales coherentes entre ellos y por su supuesto tengan puntos de convergencia con el presente Plan.

Como instrumento municipal el PEDM viene superando el inmediatismo de la planificación tradicional y su estructuración ha respondido a la necesidad de proyectar el desarrollo local al corto, mediano y largo plazo, es decir con visión de futuro.

Una tendencia al cambio ha sido propiciada en parte por la buena voluntad de algunas personas de Montes de Oro, el Concejo Municipal, los Concejos de Distrito y la Alcaldía Municipal, con el apoyo de las organizaciones locales, entes externos, entre ellos INVU, GIZ, que se han sumado a la tarea por el cambio de gobernabilidad y desarrollo.

En general, el PEDM se ocupa de caracterizar el Cantón de Montes de Oro, tanto en sus condiciones socio territoriales, valorando el medio físico desde la óptica de los paisajes y el medio socioeconómico, desde una perspectiva demográfica, de bienestar, calidad de vida y desarrollo humano. El PEDM es desarrollado por cada Municipalidad, en forma interna o contratado como en el caso de la Municipalidad de Montes Oro (DEPAT, 2016) y revisado a su caducidad, por lo que la inclusión de las consideraciones del cambio climático podrá también variar entre periodos.

Las áreas estratégicas incluyen: 1) ordenamiento territorial (reglamentación de usos del suelo y otras normas conexas y complementarias), como se indica esto está en un proceso continuo con el INVU, 2) Medio ambiente (manejo de desechos, recursos hídricos y otros de la base territorial y la gestión del riesgo), 3) Política Social Local (combate a la pobreza, inclusión de grupos poblacionales, equidad de género, vivienda y espacios públicos, salud, educación, Identidad y cultura, recreación y deportes), 4) Desarrollo Económico Local (empleo, emprendedurismo, inversión, comercio y servicios, seguridad ciudadana, 5) Servicios Públicos (Servicios públicos básicos), 6) Infraestructura Vial (infraestructura accesible, espacios públicos, infraestructura vial).

En las áreas estratégicas no hay una cita directa al impacto esperado por el calentamiento global antropogénico, y la misma gestión del riesgo. Aunque se menciona, no es específica al quehacer que desarrolla la Municipalidad en la reactivación vial que se ha visto comprometidas por deslizamientos y flujos de lodo, entre otras amenazas.

- *Plan regulador del cantón de Montes de Oro*

Una de las metas que se propuso el Gobierno Municipal fue la ejecución de una propuesta de ordenamiento territorial para todo el territorio que administra, razón por la cual presentó ante el Fondo de Pre-inversión de MIDEPLAN una propuesta para conseguir recursos "no reembolsables". Luego de varios intentos para la contratación del equipo técnico para el estudio, la Dirección de Urbanismo del INVU calificó, a través de un concurso público, como el ente que asumiría la tarea de elaborar, redactar e implementar el Plan Regulador para el cantón de Montes de Oro en conjunto con la Municipalidad, (INVU-Municipalidad de Montes de Oro, 2012). Este instrumento es esencial para un mejor aprovechamiento del territorio local; sin embargo, no ha sido aprobado.

La estrategia metodológica para el desarrollo del Plan regulador es la contenida en la "Manual para la Elaboración del Planes Reguladores" del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo". En la actualidad hay una versión mejorada (INVU, s.f.).

El plan fue asesorado por INVU, e incluye fases: I) Recopilación de datos II) Diagnóstico socioeconómico que consta de 5 estudios: 1) sociodemográfico, 2) situación en vivienda, 3) servicios en salud, 4) servicios en educación y 5) sociocultural; además, incluye los Índice de Fragilidad Ambiental., fase III) Pronóstico centrados en urbanismo, ambiente y movilidad IV) Propuestas, incluyendo propuesta y zonificación del territorio. Se debe señalar que el estudio no consideró el enfoque de cuenca hidrográfica ni consideraciones por cambio climático no de la gestión integrada del riesgo, por lo que al no estar aprobado se convierte en una oportunidad para su inclusión.

La Municipalidad de Montes de Oro contrata el Alcance Ambiental y los efectos acumulativos a Astorga *et al*. (2013).

La Municipalidad de Montes de Oro presenta un procedimiento para la elaboración, presentación, y aprobación del componente hidrogeológico de los planes reguladores (GAPRO, 2014).

En Sesión Ordinaria No 39-2017, la SETENA, otorga la Viabilidad (Licencia) Ambiental al estudio denominado "Plan Regulador del Cantón de Montes de Oro"; sin embargo, a la fecha el Plan Regulador no se ha aprobado.

- *Plan operativo de trabajo (POT)*

Los presupuestos son un instrumento que favorecen el buen funcionamiento de la Municipalidad de Montes de Oro y la eficiente utilización de los recursos económicos tanto de las organizaciones públicas como privadas, mediante el planteamiento de los fondos requeridos para el cumplimiento de los objetivos y metas planteadas en el Plan Anual Operativo de cada periodo.

Agrupa un marco general, el panorama institucional (organigrama, funciones, estructura), visión, misión, políticas, áreas, objetivos estratégicos, matrices de desempeño y matrices de indicadores.

El POT es aprobado anualmente por el Concejo Municipal de Montes de Oro. Este se elabora con base a un pronóstico de recaudación de ingresos y de fondos provenientes por otras fuentes, donde se dispone para financiar proyectos según prioridades sea a) personal, b) dietas, c) contenido

necesario para la normal operación de todos los servicios municipales, c) fondos para atender emergencias cantonales, d) proyectos específicos de acueductos, e) realizar y mantener obras específicas de infraestructura comunal.

- *Plan Vial Quinquenal (PVQ) llamado Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial Cantonal, del período 2017 – 2021*

Constituye el instrumento de planificación de la gestión vial de más alto nivel técnico y político de la Municipalidad de Montes de Oro para el quinquenio 2017-2021,onsiderado un plan de carácter vinculante, alineado con otros planes municipales, tales como el Plan de Desarrollo Humano Local y el Plan Estratégico Municipal. Estas herramientas de planificación determinan los Planes Operativos Institucionales que se traducen en los presupuestos anuales de las entidades.

Incluye una propuesta de proyectos a ejecutar, de conformidad con las necesidades propias del cantón en materia vial, establecidos como prioridad según los escenarios definidos. Con base en este plan, se elaborarán los planes anuales correspondientes, constituye la base para la formulación del presupuesto correspondiente para la Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal (UTGVM) de acuerdo con la normativa existente.

Sus estrategias son:

- Mejorar en la competitividad del país respecto a la calidad de la infraestructura de los diferentes modos de transporte.
- Puentes de la Red Vial Cantonal (RVC) construidos.
- Red vial cantonal mejorada para contribuir a la calidad de vida de la población
- Zonas vulnerables a inundaciones protegidas

El objetivo en materia vial es promover proyectos de mejoramiento de la infraestructura vial cantonal, que integren elementos de gestión de riesgo y que le permitan a la ciudadanía el disfrute integral de los diferentes ambientes cantonales.

Los diferentes instrumentos pueden ser utilizados para implementar medidas de adaptación, siempre y cuando posean sustento económico y la aprobación de las autoridades municipales. De hecho, hay medidas en la atención del riesgo vial que cumplen con estas condiciones, por ejemplo, el aumento de capacidades del alcantarillado pluvial o bien la realización de un acueducto.

Los instrumentos existentes integran los resultados de análisis de riesgo por amenazas climáticas y otras, y proponen/integran 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 Montes de Oro está consolidada la gestión del riesgo en torno a la vialidad y dependiendo, de la magnitud de los 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.

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 en 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.

En la Figura 12 se presentan los instrumentos asociados a los plazos de ejecución.

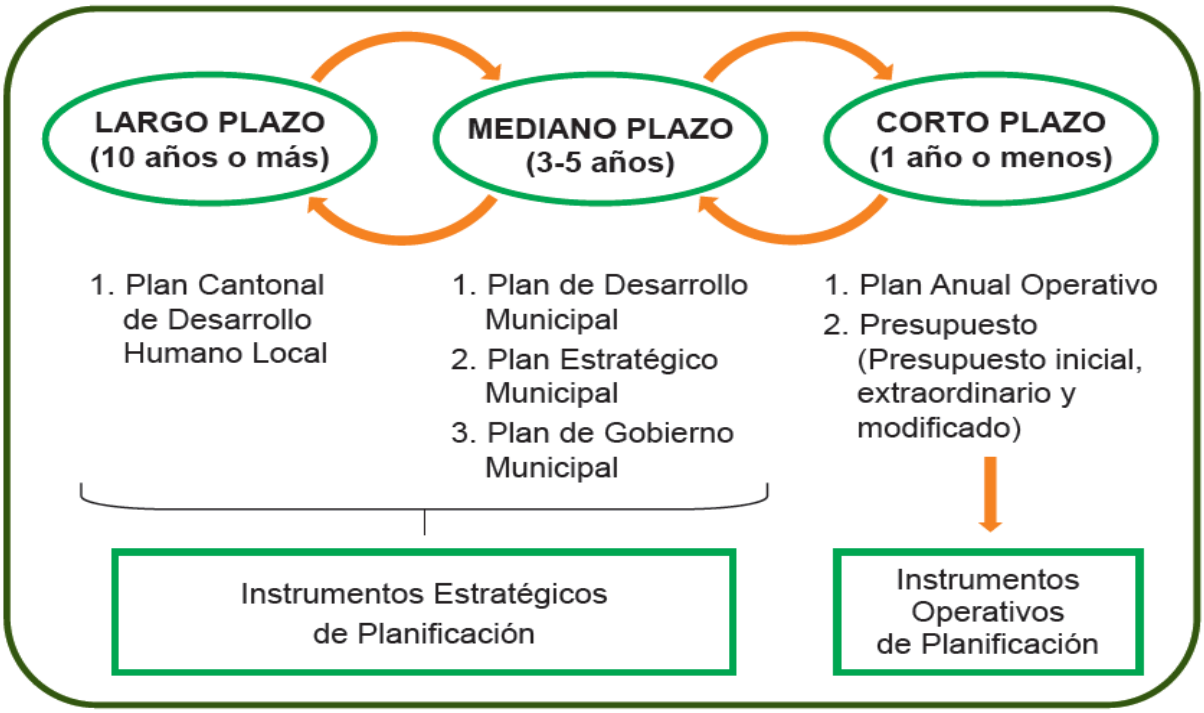

Figura 12. Instrumentos de la Planificación Municipal
Fuente: SGSA, CNE (2014)

- *Plan de desarrollo rural territorial 2016-2021*

Realizado para el Territorio Puntarenas, Montes de Oro y Monteverde por INDER (2015), parte de indicadores de desarrollo muy débiles y negativos para estos cantones y define programas: a) rescate identitario y promoción social, b) empleo y desarrollo económico, c) articulación territorial impulso de mesas de seguimiento y articulación con los Consejo Cantonal de Coordinación Interinstitucional (CCCI) y el Consejo Distrital de Coordinación Interinstitucional (CDCI), d) infraestructura territorial (vías y acueductos sanitarios), e) sostenibilidad ambiental y adaptación al cambio climático. Esta última considera el desarrollo de una estrategia de manejo de residuos sólidos en el territorio, impulso al uso de energías alternas y sostenibles en el territorio y gestión de alternativas para el abastecimiento sostenible y focalizado del recurso hídrico; esto incluye medidas de reforestación con especies nativas, agroforesterías, fortalecimiento de la resiliencia en la parte alta del río Aranjuez, cosecha de agua y capacitación. Otros programas incluidos en el plan de desarrollo rural territorial son Seguridad Social y Seguridad Ciudadana con seguridad comunitaria y Ordenamiento Territorial en las Áreas Bajo Regímenes Especiales (ABRE) del territorio, y el impulso a proyectos estratégicos, comunales e individuales. Se incluyen ideas de proyectos a nivel territorial: a. Centro Satélite de Emprendedurismo Femenino, b. Brecha digital, implementación de centros tecnológicos, con banda ancha y equipo de computación para los estudiantes del territorio, c. Plan de mejoras en las condiciones físico-sanitarias de los establecimientos de atención en Salud, d. Rescate y reactivación de espacios públicos. El seguimiento estará a cargos del Consejo Territorial de Desarrollo Rural (CTDR).

6. Perfil climático

El perfil climático se ha elaborado a partir de la información disponible, insumos suministrados por diversas instituciones y el proyecto Plan A, y valorada y seleccionada 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

En un cantón donde el INVU apoya la realización del Plan Regulador, se cuenta con información ambiental biofísica socioeconómica del territorio, desarrollada con mayor énfasis desde 2012. Se cuenta con Índices de Fragilidad Ambiental (IFAs), con algunas limitaciones derivadas de los procedimientos metodológicos. Se notan faltantes en el componente del riesgo, sobre todo en la no valoración de la vulnerabilidad, no hay análisis por cuenca hidrográfica ni en la reglamentación del IFA (Reglamento No 32967), ni en estudio del de INVU. Además, carece de un balance hidrológico de oferta y demanda del agua por cuenca hidrográfica para el cantón; si bien hay un estudio hidrogeológico, no se encontró ningún análisis a nivel de cuenca hidrográfica. Se considera que la información de suelos y el análisis de capacidad de uso de la tierra puede reforzarse, pues existe información en esta temática del MAG-INTA, rescatada por AyA (SGSA, 2009), a una mejor escala que la que se presentó para obtener la Licencia Ambiental.

Además, se utiliza como insumos los análisis de riesgo a nivel de UGM (UCR, 2021), y se completa con información distrital incluida en el Análisis social, económico y espacial para el fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático del Cantón de Montes de Oro (Quesada Thompson, G.T., *et al*, 2021), ambos generados en el marco del proyecto Plan A. En relación al índice de vulnerabilidad llamado socio-económico en el primer estudio, que en realidad es más social como se ha indicado, la representación del índice de vulnerabilidad se trabajó en 10 rangos, de menor a mayor vulnerabilidad; sin embargo, espacialmente no representa la realidad pues, por definición, la UGM, relacionada con el censo de población, hace que aquellas unidades poco pobladas representen áreas grandes, y por el contrario, la representación es mejor conforme aumenta la densidad de población. A pesar de lo anterior, el índice se utiliza como una base de la vulnerabilidad para este estudio y se realiza una corrección por densidad poblacional y vial.

Las principales amenazas del cantón de Montes de Oro están asociadas a la inestabilidad de laderas, con flujos de lodo o de lajas, e inundaciones por lluvias torrenciales, con desbordamiento de ríos, quebradas y acequias. En los últimos años, han experimentado inundaciones pluviales por exceso de urbanismo mal localizados y estructuras hidráulicas deficientes. La práctica agrícola-ganadera asociada a pendientes muy fuertes producen desprendimientos de la superficie, apreciándose cárcavas, solifluxión y erosión tanto laminar como eólica con pérdida de suelos.

La Comisión Nacional de Emergencias (CNE, s.f.), señala varias amenazas hidrometeorológicas en el cantón de Montes de Oro (CNE, 2019) e indica que las inundaciones se han vuelto recurrentes por causa de la ocupación de las planicies de inundación, y el desarrollo urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación, deforestación y el desarrollo agropecuario 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, redundando en la 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 Montes de Oro. Las zonas o barrios que pueden ser más afectados (entre otros) y con alto riesgo por las inundaciones y flujos de lodo de los ríos y quebradas son: Bajo Caliente, La Isla, La Unión, Buena Vista y San Isidro. Específicamente, el reporte de la CNE, luego de Nate, indica las comunidades de Cedral, Lagunas de Arancibia, Bajo Caliente, San Buenaventura, pueden verse afectadas por el deslizamiento de Arancibia, flujos de lodos en inundaciones en la cuenca del río Aranjuez (Madrigal, J., CNE, 2018)

Las características topográficas y geológicas propias del cantón de Montes de Oro lo hacen vulnerable a la inestabilidad de laderas, sobre todo hacia el Norte del cantón, donde la pendiente del terreno es más abrupta. Los poblados más vulnerables son: Cabuyal, Unión, Palmital, Bajo Caliente, Ventanas, Cedral. Además, son susceptibles a inestabilidad de suelos aquellos lugares donde se han practicado cortes de caminos y rellenos poco compactos. Los efectos potenciales más importantes de los deslizamientos son: sepultamiento de viviendas, daños diversos a caminos, flujos de lodo, 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, daños a ganadería y cultivos (CNE, s.f.).

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, tomando en cuenta los lineamientos para amenazas de la Guía de Gestión Municipal del Riesgo[7] (SGSA y CNE, 2014a) y la Guía de Planificación y presupuestación[8] (SGSA y CNE , 2014b), se realizan las siguientes recomendaciones. La última guía muestra la herramienta del Marco Lógico que se ha aplicado con buenos resultados en el quehacer de la gestión del riesgo municipal. A continuación se detallan algunas recomendaciones puntuales incluidas en las guías antes mencionadas:

a. No permitir que continúe el desarrollo urbano en las planicies de inundación, velando porque todo uso del suelo se acoja a las restricciones señaladas en el plan regulador del cantón, si existiese. En caso de ausencia de plan regulador, acogimiento a 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.

b. 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.

c. 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.

d. Que la Municipalidad de Montes de Oro busque 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, aunque cumpliendo el alejamiento del área de protección según la legislación.

e. Que los grupos organizados del cantón de Montes de Oro 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.

f. 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.

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

g. En sectores donde existan fallas geológicas es importante mantener una franja de no construcción a ambos lados de la traza de falla.

h. Controlar el desarrollo de infraestructura cerca de las regiones costeras, evitando la concesión de permisos en terrenos arenosos y/o a un nivel cercano al nivel del mar.

i. 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 y las inundaciones de bajo nivel y velocidad del flujo, al respecto incorporar estudios de modelación hidráulica (CNE, 2013) (Álvarez Ch., M., 2018).

j. Controlar los permisos de construcción sobre rellenos, pues en general estos no reúnen las condiciones adecuadas para ello.

k. Considerar aquellas áreas vulnerables a las diferentes amenazas cuando sean planeadas y diseñadas obras de infraestructura de importancia comunal (rellenos sanitarios, acueductos, caminos etc.)

A continuación, se analizan las amenazas relacionadas a la VC y del CGA, que se han detectado en el cantón de Montes de Oro, incluyendo inundaciones, deslizamientos, inestabilidad de laderas, erosión laminar e incendios forestales. Se reconoce que existen otras amenazas, entre ellas disminución en la disponibilidad de agua para consumo y riego, contaminación por agroquímicos, afectación de la producción agropecuaria, entre otras. Estas requieren estudios específicos, probabilísticos, espacios temporales para su evaluación apropiada, que deberán ser de atención futura. En un enfoque integral, se deben 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 13. En el Cuadro 9 se muestran las áreas de estas amenazas en el cantón de Montes de Oro.

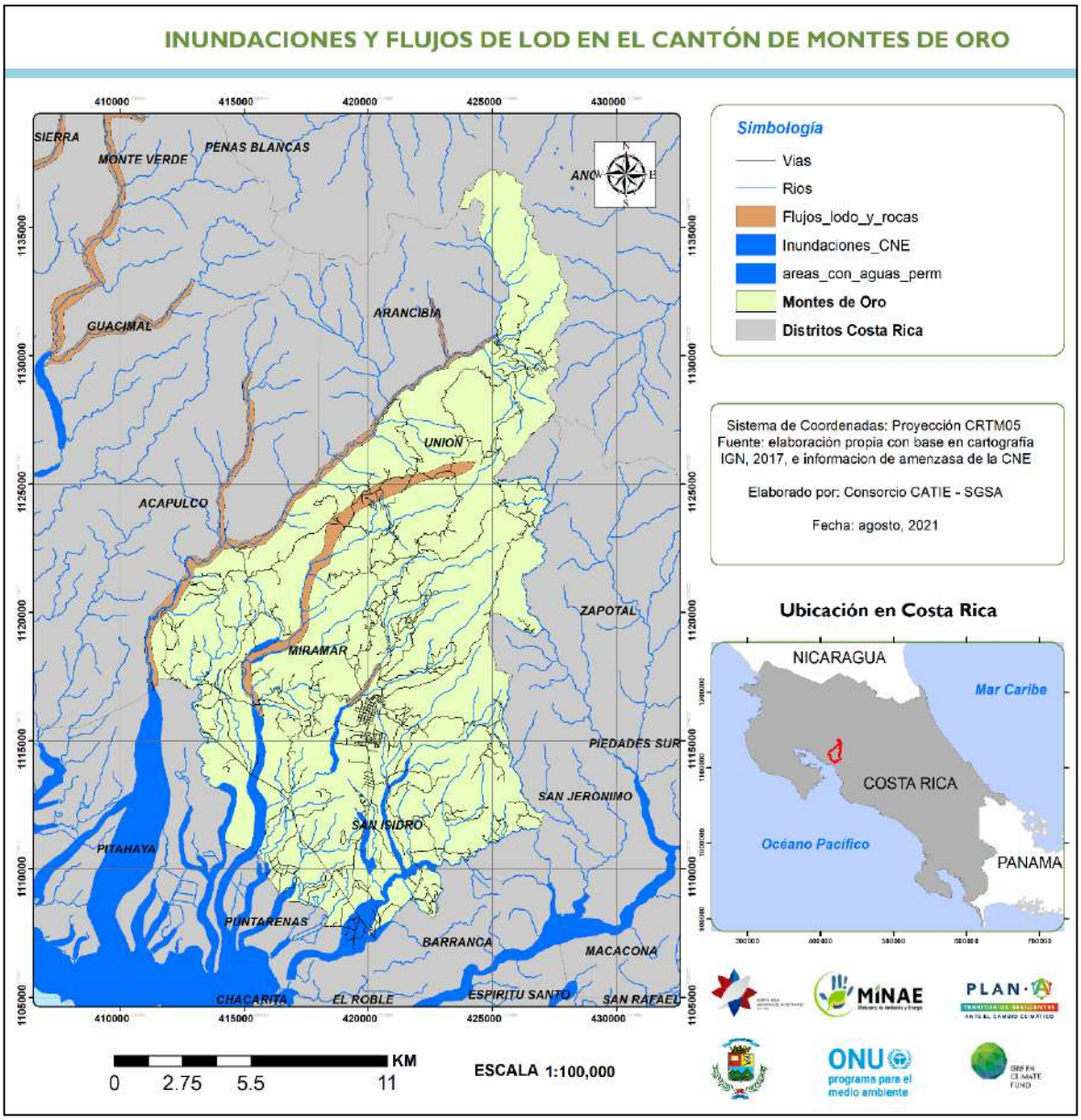

Figura 13. Inundaciones y flujos de lodo en el Cantón de Montes de Oro

Cuadro 9. Áreas de inundación y flujos de lodo en el cantón de Montes de Oro

Número	Descripción	Area Km^2	Porecentaje
1	Inundación	9.52	3.84%
2	Flujos de lodo	10.41	4.20%
3	Area cantón	247.59	100.00%

6.1.2 Inestabilidad de laderas

En la Figura 14 se incluye la información de la CNE para el cantón de Montes de Oro, incluyendo las coronas con un buffer de 50 metros y los deslizamientos demarcados por la CNE. El Cuadro 10 indica el área de deslizamiento con respecto al área total del cantón.

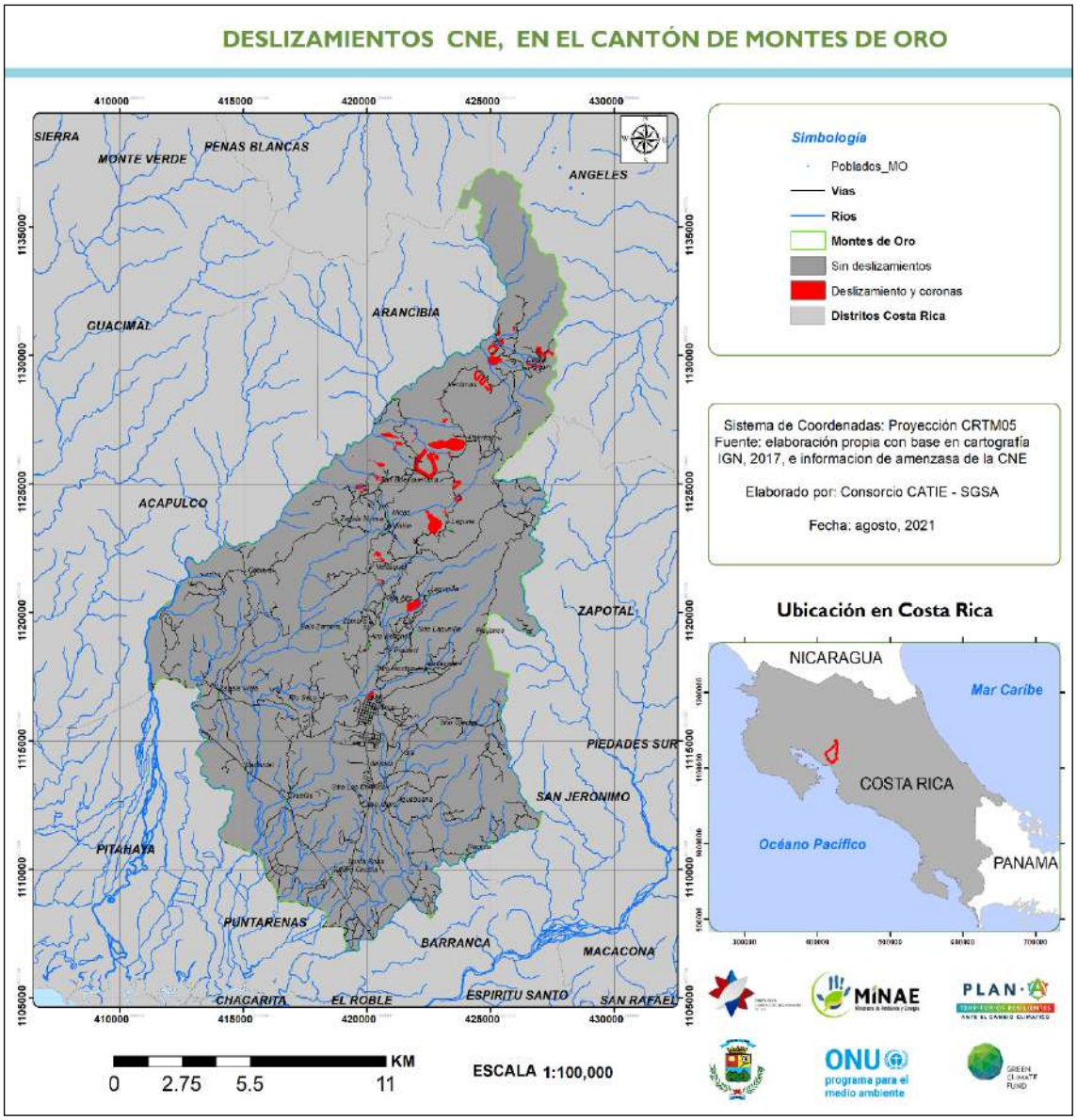

Figura 14. Inestabilidad de laderas-CNE, en el Cantón de Montes de Oro

Cuadro 10. Áreas de deslizamientos en el cantón de Montes de Oro

Número	Descripción	Area Km^2	Porcentaje
1	Deslizamientos	2.95	1.19%
2	Area cantón	247.59	100.00%

Estas áreas deben considerarse de referencia por cuanto se han realizado con un buffer de 50 metros en los sitios de coronas.

6.1.3 Inestabilidad de laderas metodología Mora y Vahrson

En el Anexo 2, se incluye un análisis de inestabilidad de laderas por la metodología Mora S. y Vahrson G. (1994). En la Figura 15 se presenta el producto final de este análisis; en el Cuadro 11 se incluyen las áreas para cada categoría, y en la Figura 16 se representan visualmente en un diagrama tipo pastel.

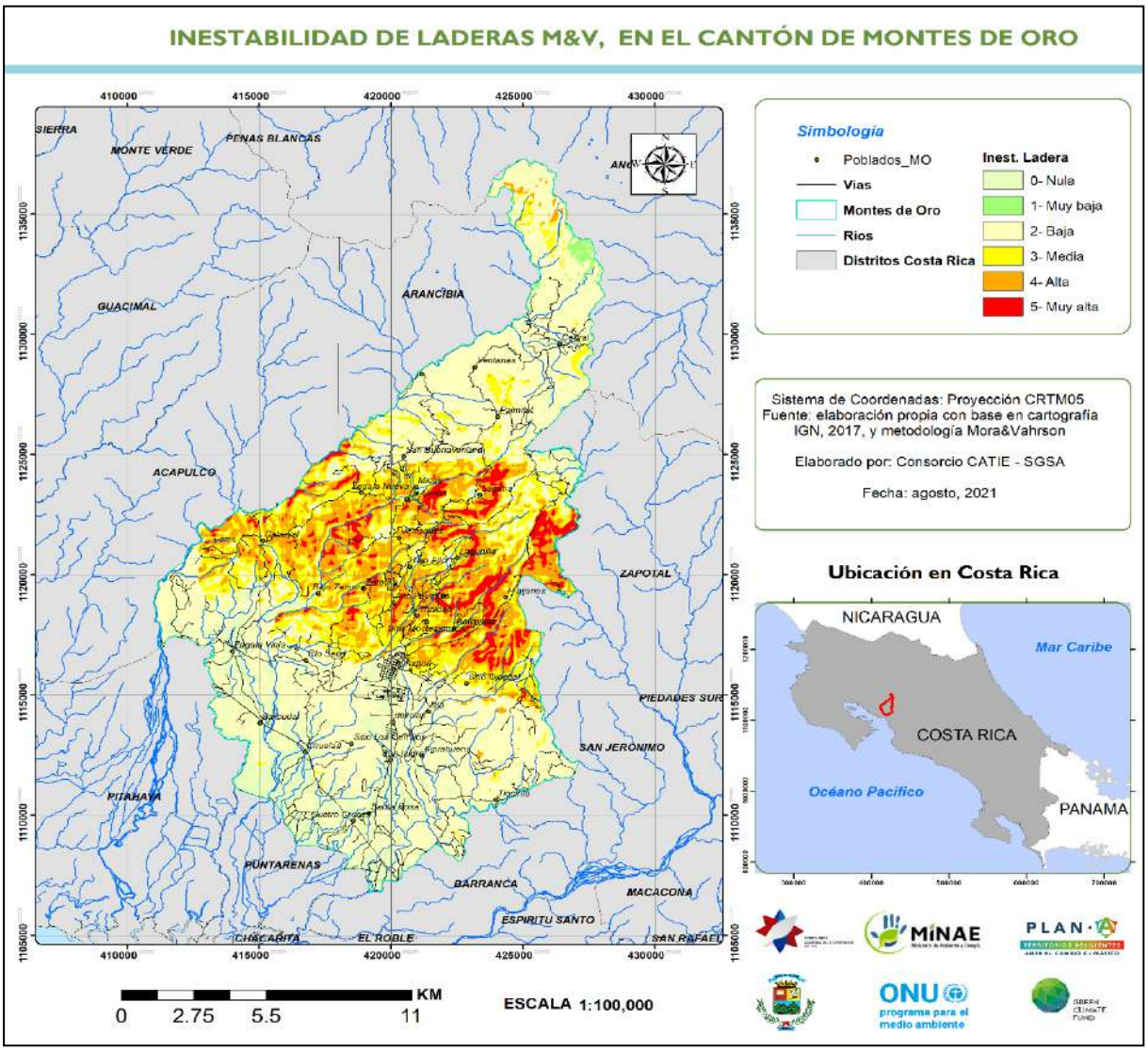

Figura 15. Inestabilidad de laderas-metodología Mora S. y Vahrson G. (1994), en el Cantón de Montes de Oro

Cuadro 11. Áreas de inestabilidad de laderas en el cantón de Montes de Oro

Número	Descripción	Area Km^2	Porcentaje
1	Nula	26.81	10.83%
2	Muy baja	1.68	0.68%
3	Baja	129.20	52.18%
4	Media	40.85	16.50%
5	Alta	37.95	15.33%
6	Muy alta	11.10	4.48%
7	Area cantón	247.59	100.00%

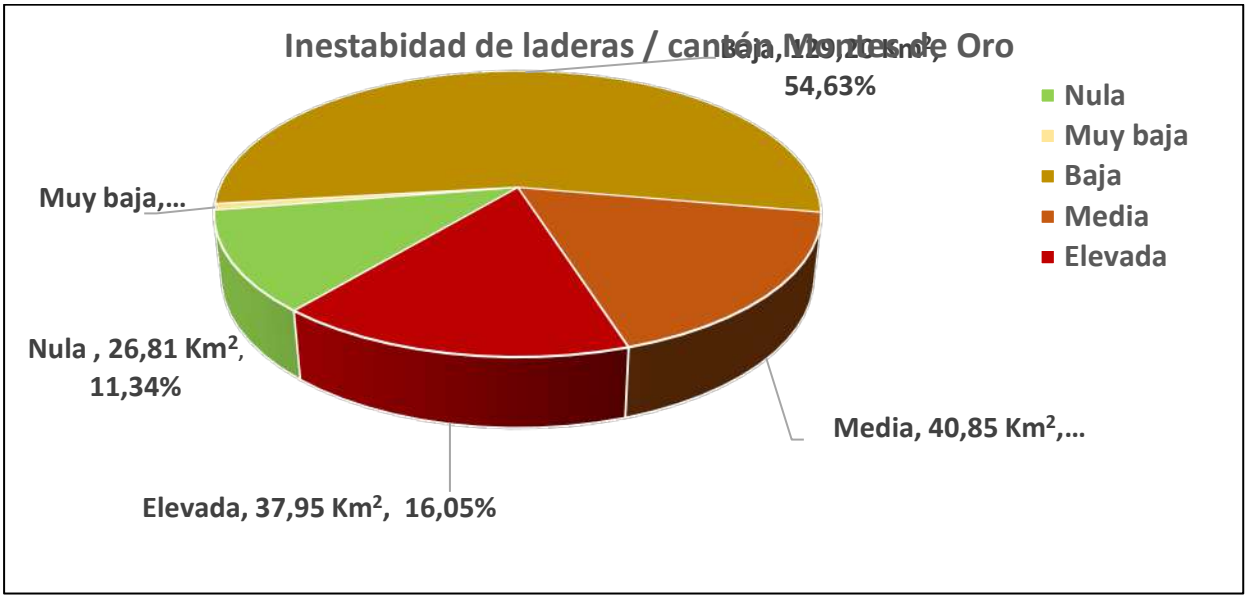

Figura 16. Áreas de la inestabilidad de laderas tierra en el cantón de Montes de Oro
Fuente: elaboración propia

6.1.4 Erosión laminar

En el Anexo 3, se incluye un análisis de la erosión laminar con base en a la metodología de pérdida universal de suelos (USLE, por sus siglas en inglés). En la Figura 17 se presenta la erosión laminar final de este análisis; el Cuadro 12 indica las áreas y porcentajes de las categorías de erosión en el cantón de Montes de Oro y en la Figura 18 se representa esta información en un diagrama tipo pastel.

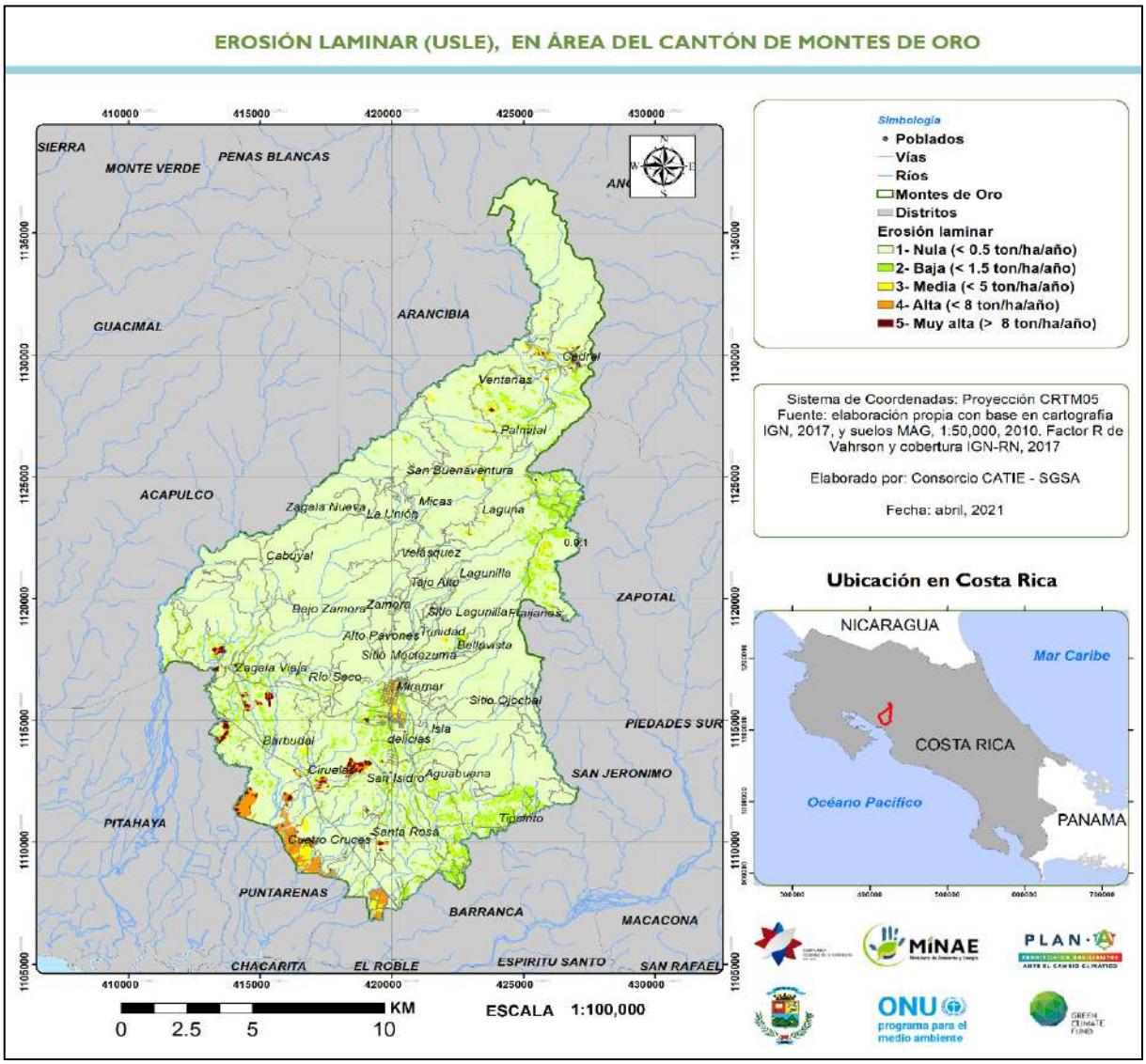

Figura 17. Erosión laminar en el cantón de Montes de Oro

Cuadro 12. Áreas de erosión laminar en el cantón de Montes de Oro

Número	Descripción	Area Km^2	Porcentaje
1	1- Nula (< 0.5 ton/ha/año)	221.02	89.27%
2	2- Baja (< 1.5 ton/ha/año)	17.74	7.16%
3	3- Media (< 5 ton/ha/año)	4.02	1.62%
4	4- Alta (< 8 ton/ha/año)	3.39	1.37%
5	5- Muy alta (> 8 ton/ha/año)	1.43	0.58%
6	Area cantón	247.59	100.00%

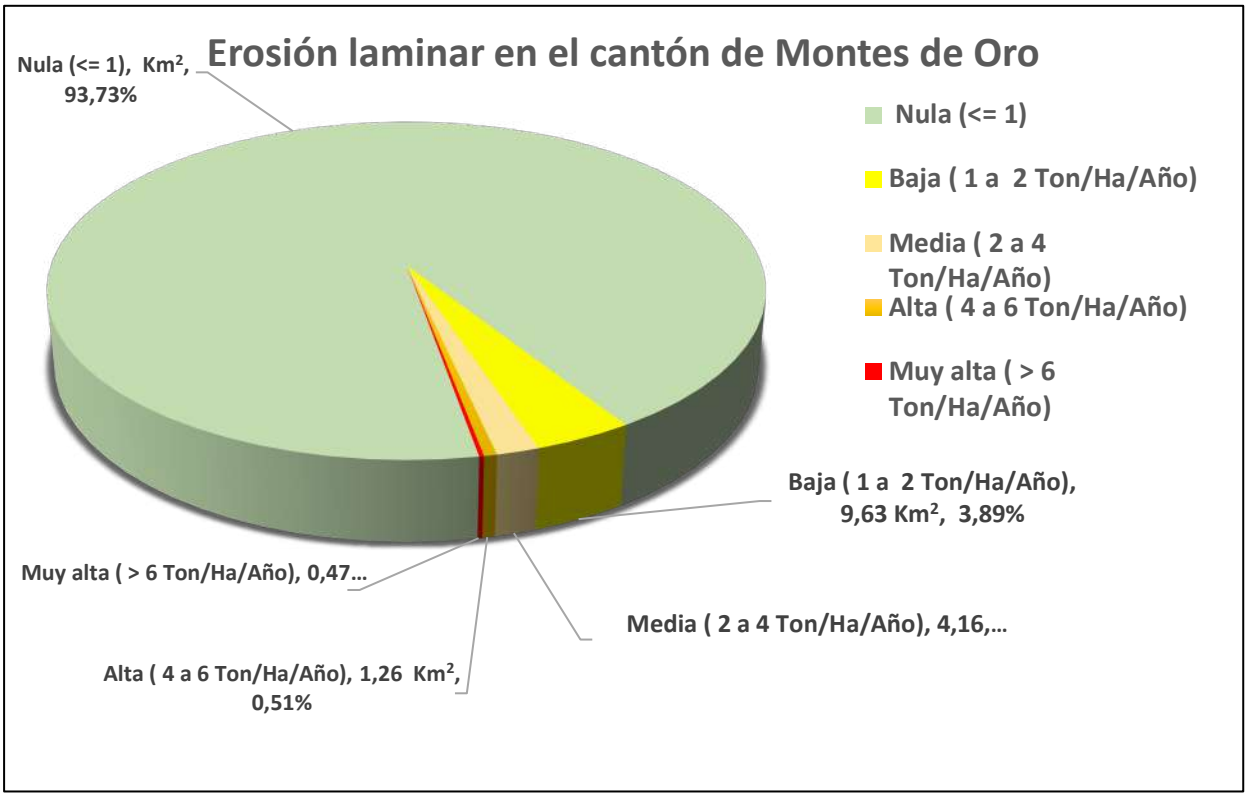

Figura 18. Áreas de erosión laminar en el cantón de Montes de Oro
Fuente: elaboración propia

6.1.5 Incendios forestales

En cuanto a incendios, se recurrió a dos fuentes de información: datos suministrados por el Programa de Manejo de Incendios del MINAE y los eventos de puntos de calor del 01 de enero 2003 al 01 de agosto 2021 en el ámbito diarios, que mantieneen archivo el Programa para Detección de Puntos de Calor mediante Técnicas de percepción remota de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de México (CONABIO, 2021[9]). Esta información se preparó desde el nivel diario a nivel anual, conservando la fecha de cada evento.

La Figura 19 muestra la distribución de puntos del calor e incendios registrados para el cantón de Montes de Oro, y en el Cuadro 13 las áreas respectivas.

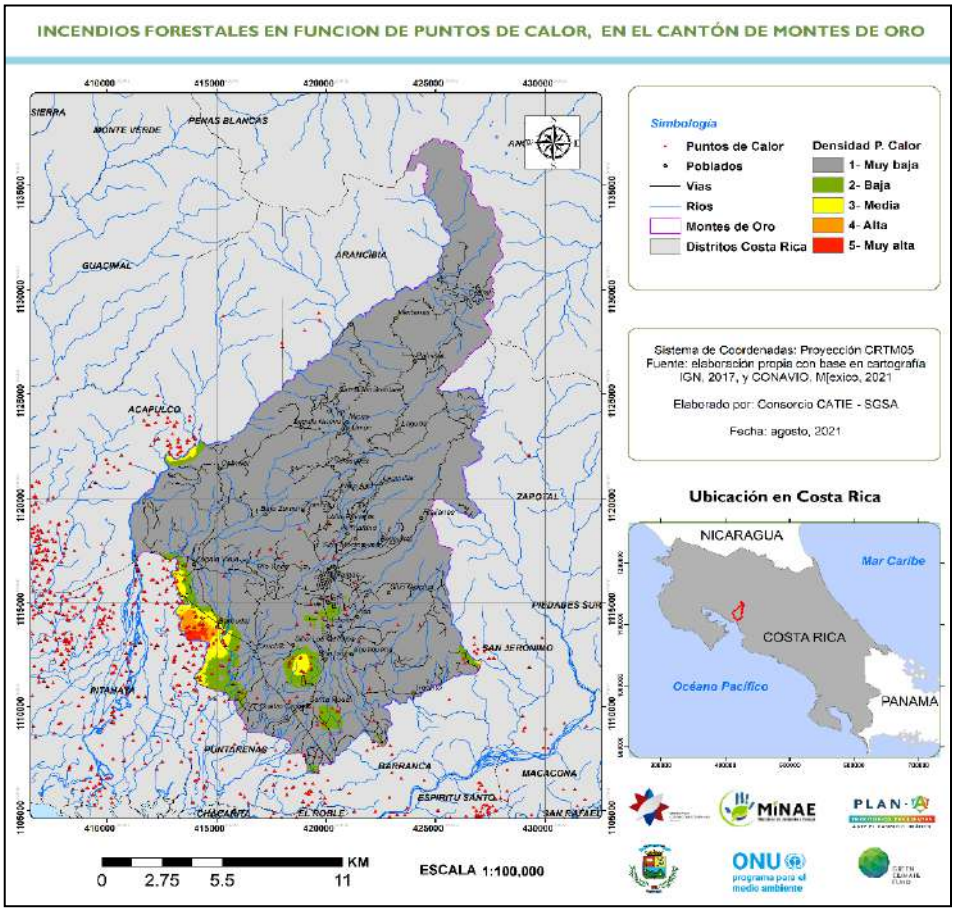

Figura 19. Incendios forestales en el cantón de Montes de Oro

Cuadro 13. Áreas susceptibles a incendios por densidad de puntos de calor de Montes de Oro

Número	Descripción	Área Km^2	Porcentaje
1	Muy baja	232.06	93.73%
2	Baja	9.63	3.89%
3	Media	4.16	1.68%
4	Alta	1.26	0.51%
5	Muy alta	0.47	0.19%
7	Área cantón	247.59	100.00%

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

[9] Acceso a la base de datos en Sistema de Alerta Temprana de Incendios (conabio.gob.mx)

ver asociados a prácticas agrícolas o actividades de cacería principalmente en la parte media baja del cantón de Montes de Oro. También, debe recordarse que la práctica de quema de basuras provoca falsas estimaciones de los incendios forestales, pues la quema implica mayores puntos de calor y no necesariameinete incendios forrestales.

6.1.6 Conflictos del uso de la tierra

Las divergencias o conflictos del uso de tierra, se incluye en la Figura 20 y el resumen de las áreas por categoría de conflictos en el Cuadro 14. El Anexo 4 detalla la metodología utilizada para su obtención a partir del uso de la tierra y la capacidad de los suelos preparado para este fin.

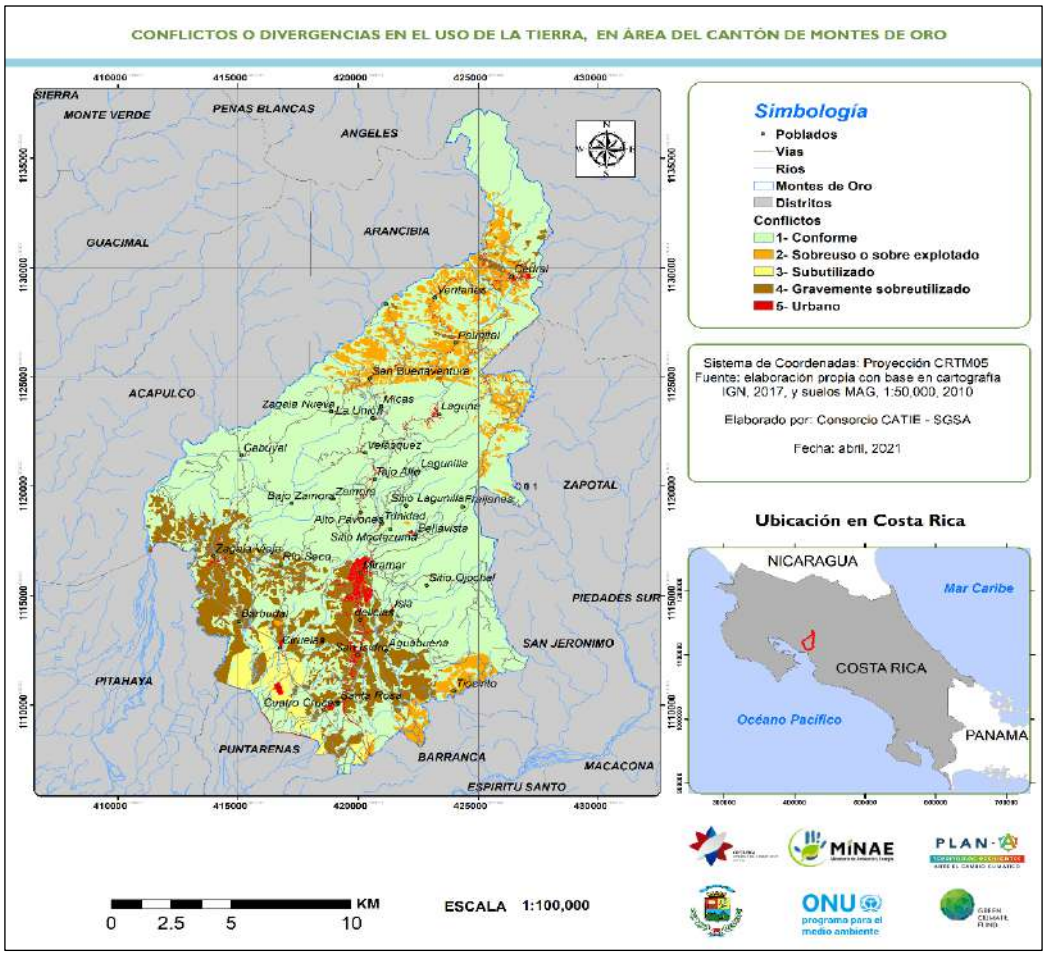

Figura 20. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia con base en mapas elaborados en este informe

Cuadro 14. Áreas y porcentajes de los conflictos del uso de la tierra

Código	Conflictos	Área Km²	Porcentaje
1	Conforme	181.22	73.32%
2	Subuso	7.14	2.89%
3	Sobreuso	23.45	9.49%
4	Grav. Sobreexplotado	34.15	13.82%
5	Urbano	1.19	0.48%
Total		247.15	100.00%

El análisis de conflictos muestra que un 9,49% aproximadamente 23,45 Km^2 están es condición de sobreexplotado, y un 13.82% equivalente a 34,5 Km^2 gravemente sobreexplotado; en una condición conforme el 73,32% o 181,22 Km^2, y un 7,1% o 2,89 Km^2 subutilizados. En la Figura 21 se presentan las áreas y sus porcentajes, para el cantón de Montes de Oro.

Si bien hay una buena cobertura boscosa con base en la información al año 2017, en la parte alta y media bajo del cantón de Montes Oro hay sobreuso. Esto hace necesaria la adaptación a la condición de variabilidad del clima y la implementación de medidas en las áreas con 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 reptación, deben recibir medidas de adaptación para su mejoramiento, utilizando técnicas de conservación y restauración de suelos. A esto se le debe dar énfasis en la parte alta.

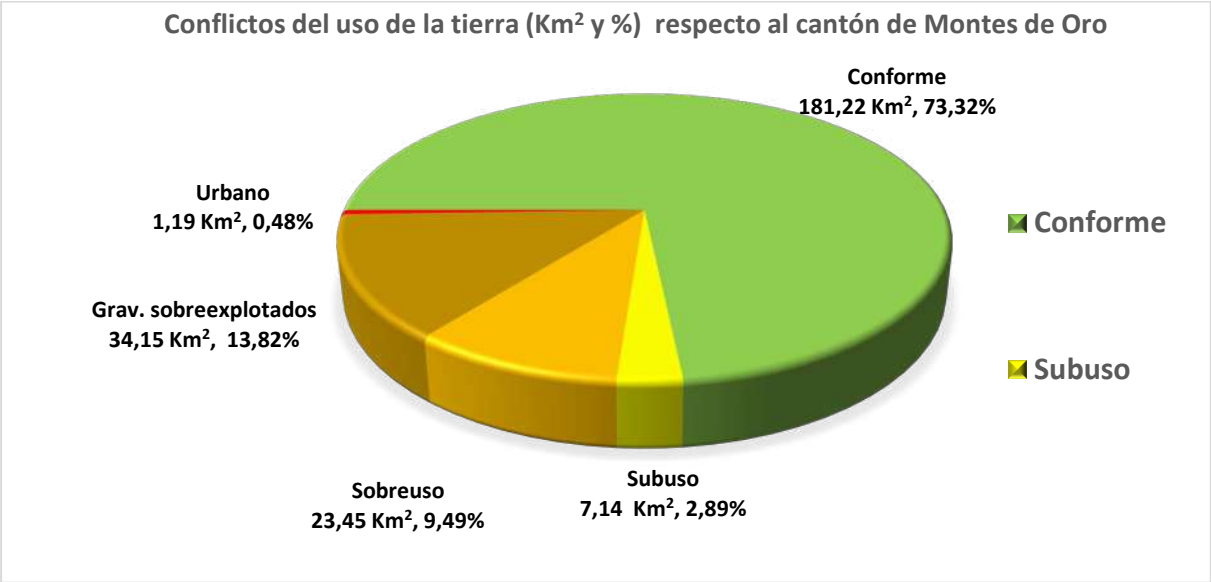

Figura 21. Conflictos del uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro

6.1.7 Amenazas integradas o combinadas

Dado que las amenazas se han estandarizado a 5 niveles, el análisis multicriterio permite obtener su integración . En la Figura 22, se muestran las multiamenazas del cantón de Montes de Oro, por límite de cuencas. Este producto se muestra como referencia, porque el análisis se integrará en este estudio a nivel de exposición.

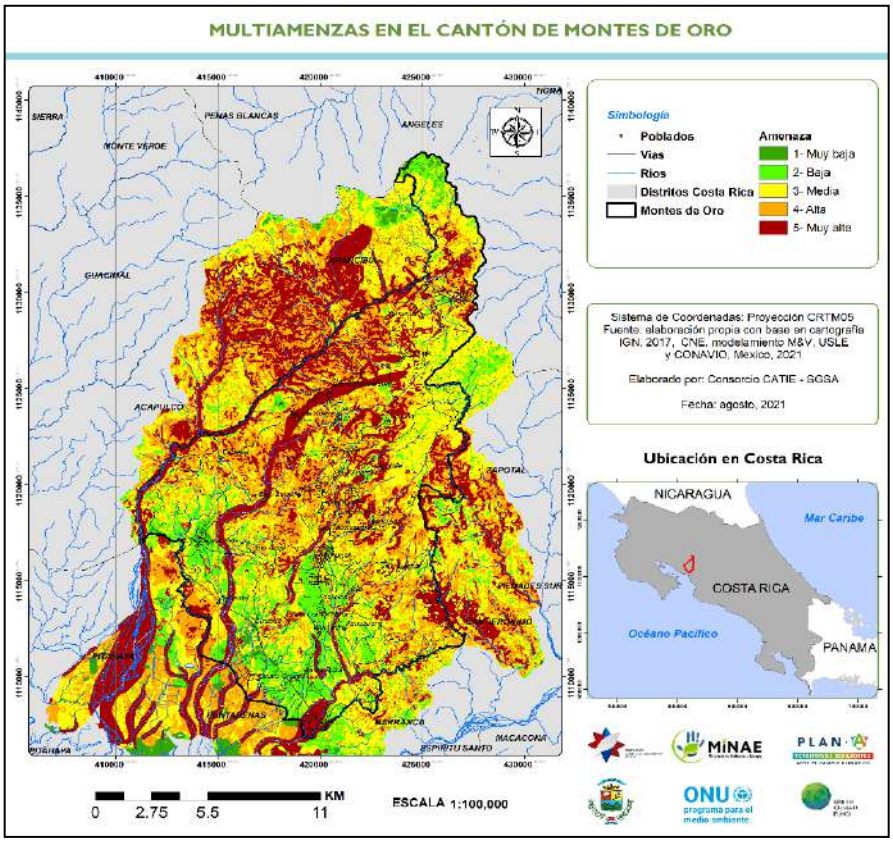

Figura 22. Multiamenazas en el cantón de Montes de Oro[10].

[10] Este producto es de referencia y puede ser utilizado en análisis a nivel de cuenca hidrográfica. Por esta razón no se calculan las áreas, dejando exclusivamente el cálculo de éstas al área del cantón en los productos finales.

6.1.7 Precipitación extrema

El IMN (2021) estimó la lluvia extrema para las condiciones húmeda y seca, por los indicadores llamados P90 y P10 respectivamente. El percentil 90 de la lluvia extrema actual se presenta en la Figura 23. Los valores del P90 van de un mínimo en 7,09 mm/día a un máximo en 12,43 mm/día con una media de 10,09 mm/día. Los máximos del P90 se ubican al SO del cantón en color azul obscuro en un rango de 11,06 mm/día a 12,43 mm/día, cercano a Barbudal y a Miramar. En la parte Norte y NE se tiene un segundo máximo, siendo la parte central las de rangos más bajos en color naranja obscuro, de Fraijanes a Ventanas en el rango de 7,09 a 8,96 mm/día.

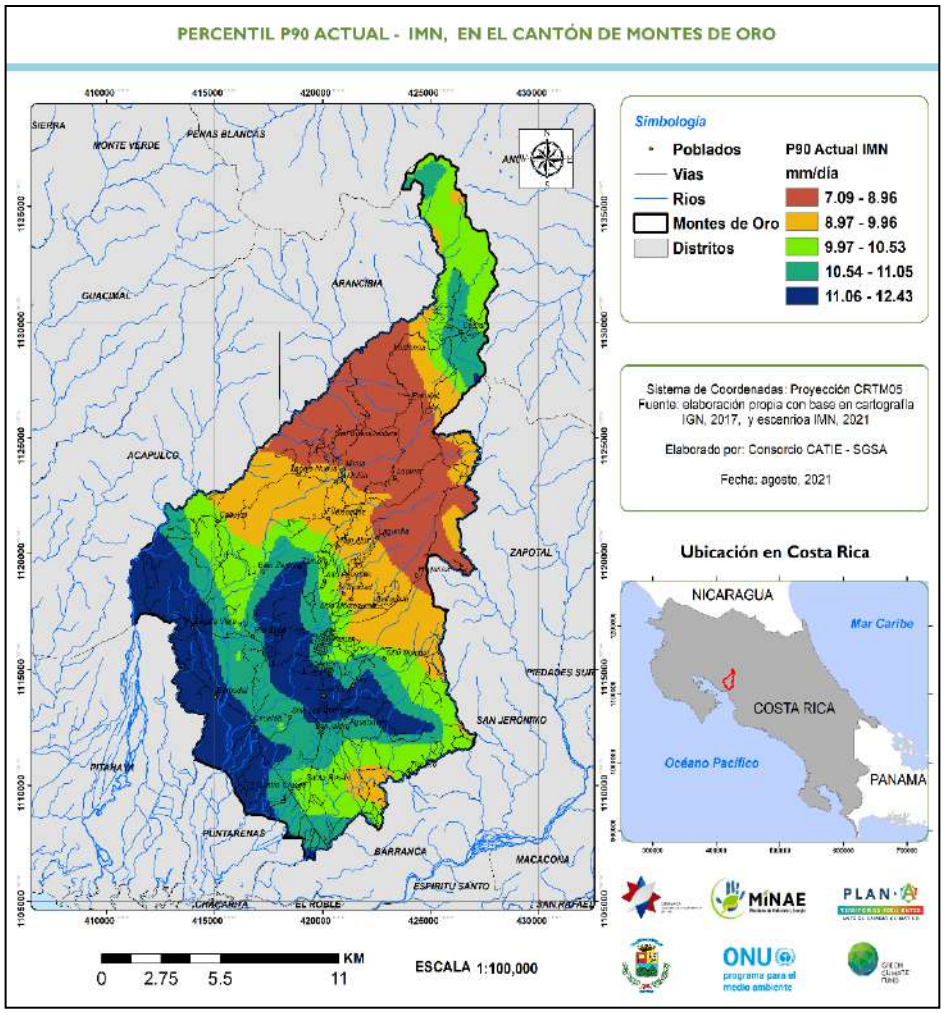

Figura 23. Percentil 90 – actual
Fuente: IMN (2021)

En las Figuras 24 se muestran el escenario P90 RCP2.6A del IMN (2021). Para el RCP2.6A los valores van de un mínimo 7,9 mm/día a un máximo de 14,32 mm/día, con una media de 11,41 mm/día. En forma similar al P90 actual los máximos del P90 RCP2.6A se ubican al SO del cantón en color azul obscuro en un rango de 12,7 mm/día a 14,31 mm/día, cercano a Barbudal y a Miramar. En la parte Norte y NE se tiene un segundo máximo que disminuye respecto al P90 actual en color verde claro con rango entes 11,14 mm/día y 11.98 mm/día, siendo la parte central las de rangos más bajos en color naranja obscuro, de Fraijanes a Ventanas en el rango de 7,9 a 10,14 mm/día.

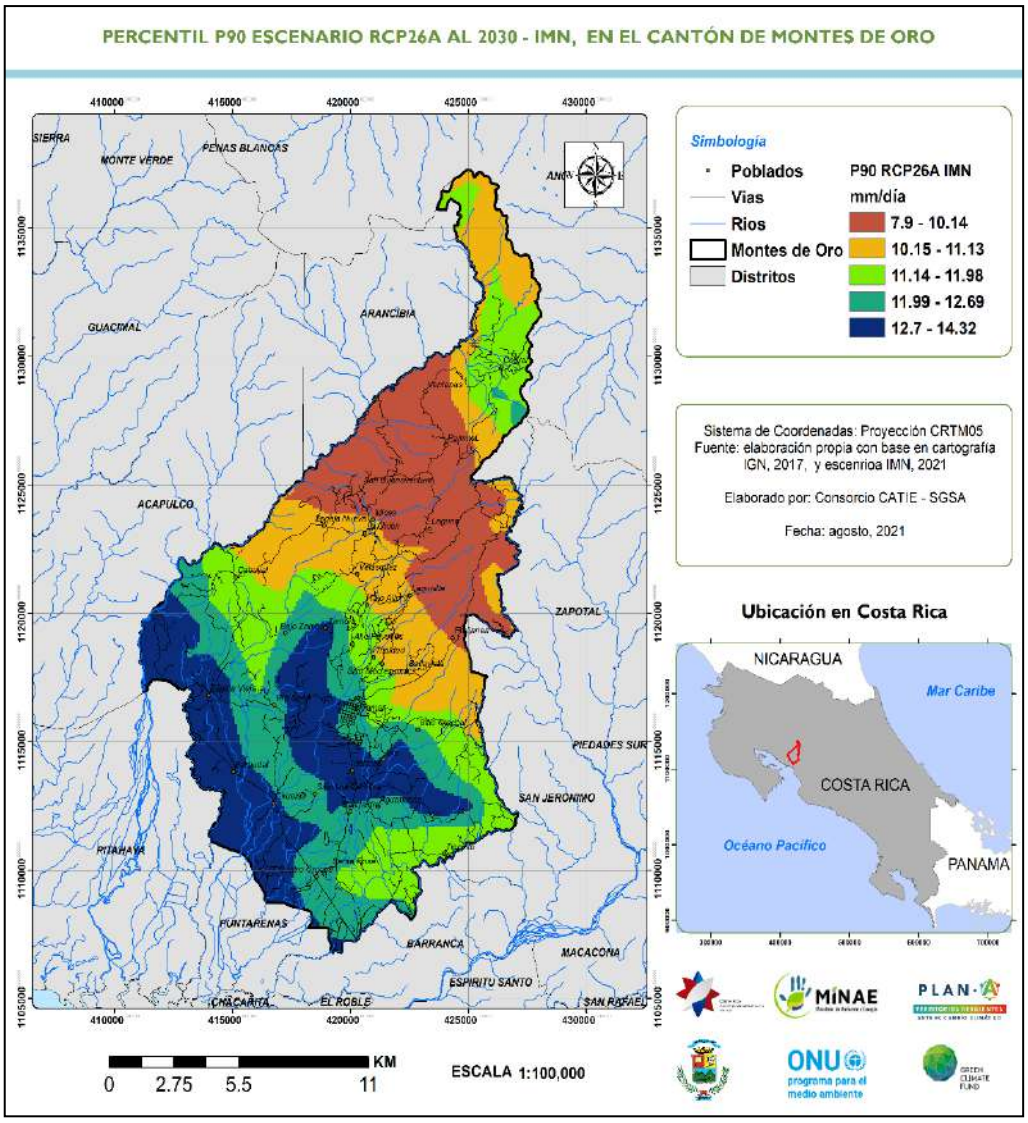

Figura 24. Percentil 90 RCP2.6A, horizonte cercano
Fuente: IMN (2021)

En este caso, se cuentan con leyendas en rangos similares, lo que permite crear la diferencia entre el escenario P90 RCP 26A y el P90 actual. Esto se muestra en la Figura 25, que permite señalar que la lluvia máxima va a aumentar en el cantón en aproximadamente 0,55 mm/día (rango de 0,47 a 1,05 mm/día) en la parte alta y de 1,34 mm/día (rango de 1,68 a 1,89 mm/día) en la parte baja. Esto conlleva a suponer que habrá más incidencia en los eventos de inestabilidad de laderas, de inundaciones y de flujos de lodo, en general.

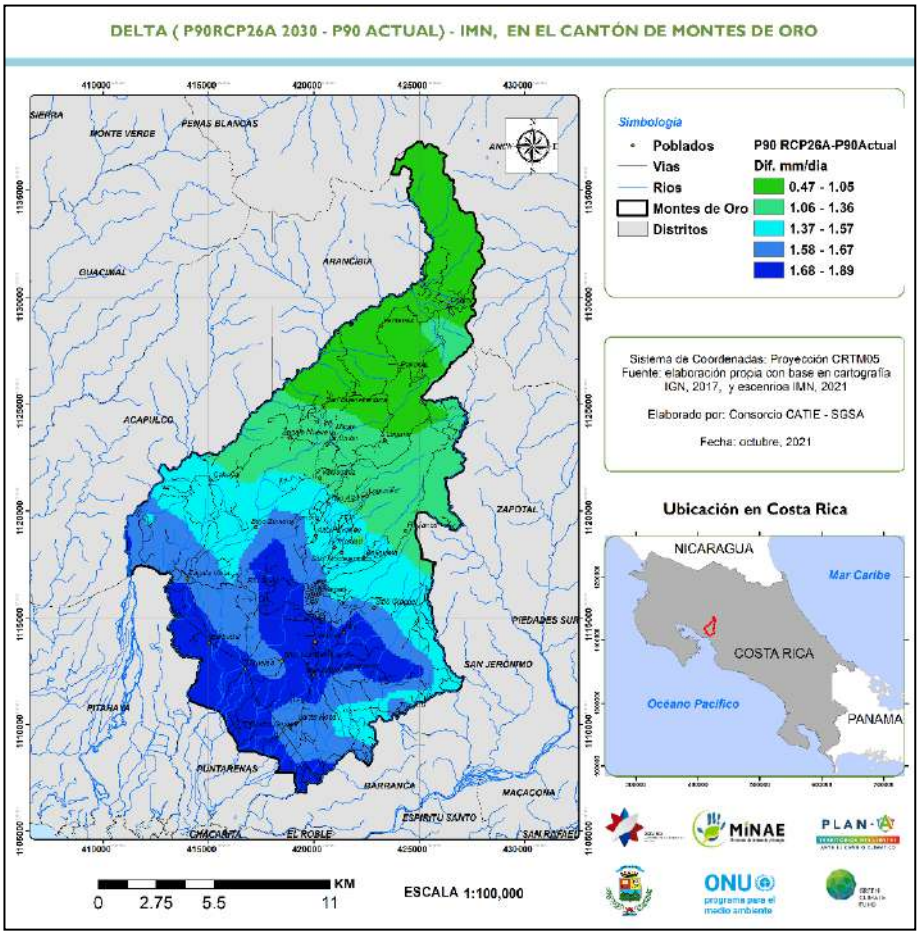

Figura 25. Diferencia entre P90 RCP26A medio y P90 actual

Respecto al percentil P10, el estudio de la UCR (2021) mostró que este indicador aumenta tanto al 2030 y al 2050, con lo que estaríamos en una situación favorable respecto a sequías o aridez. Debido a que no se puede argumentar que esta condición se presentará con certeza, por más que se atribuya la incertidumbre a los escenarios, una alternativa es la utilización de otros escenarios, por ejemplo, el visor de escenarios regionalizados de Euroclima[11].

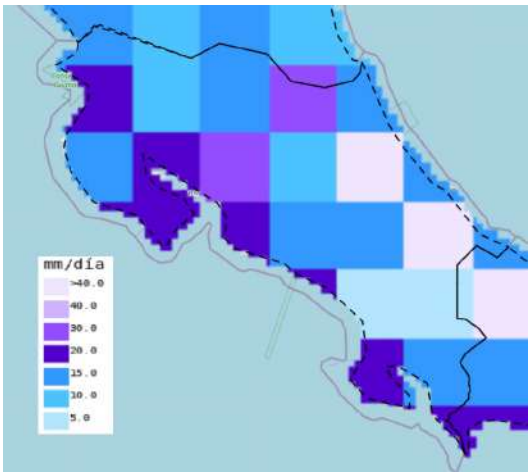

Figura 26. P90 actual

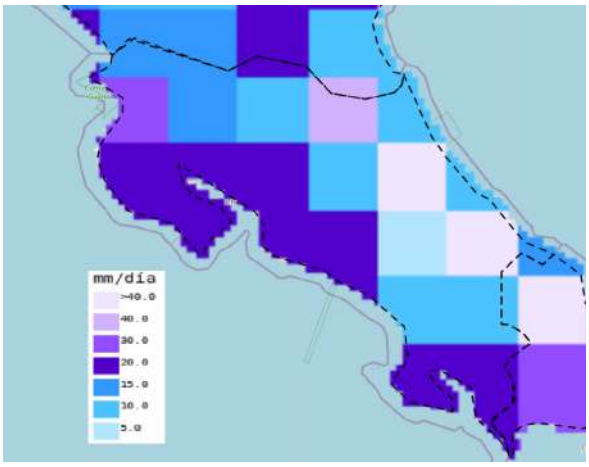

Figura 27. P90 escenario RCP26A “2030”

[11] https://centroclima.org/escenarios-cambio-climatico/

Como se aprecia en la Figuras 26 y 27, estos escenarios generados con la herramienta desarrollada por Euroclima requerían de una reducción de escala, ya practicada por Saborío, J. (2019), con escenarios de WORLDCLIM para FUNDECOR, donde se preparó una base de escenarios mensuales. Lo importante es la leyenda mostrada en las Figuras 24 y 25, que guardan rangos similares.

En todo caso, no se cuenta con impactos debido al posible incremento de la sequía que permitan comparar entre el P10 actual y el P10 del escenario, porque esto requiere análisis mensuales y la consideración del efecto en cultivos o análisis agroecológico, así como el efecto en el biosistema mediante el análisis de variables bioclimáticas. Debido a que estos análisis no se incluyen en el alcance del presente estudio, la comparación no se realiza.

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

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 ha 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 la 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.

7.1 Índice de Vulnerabilidad del cantón por UGM

Este índice se calculó por la UCR (2021), con las variables presentadas en el Cuadro 15, y se muestra en la Figura 28.

Cuadro 15. 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

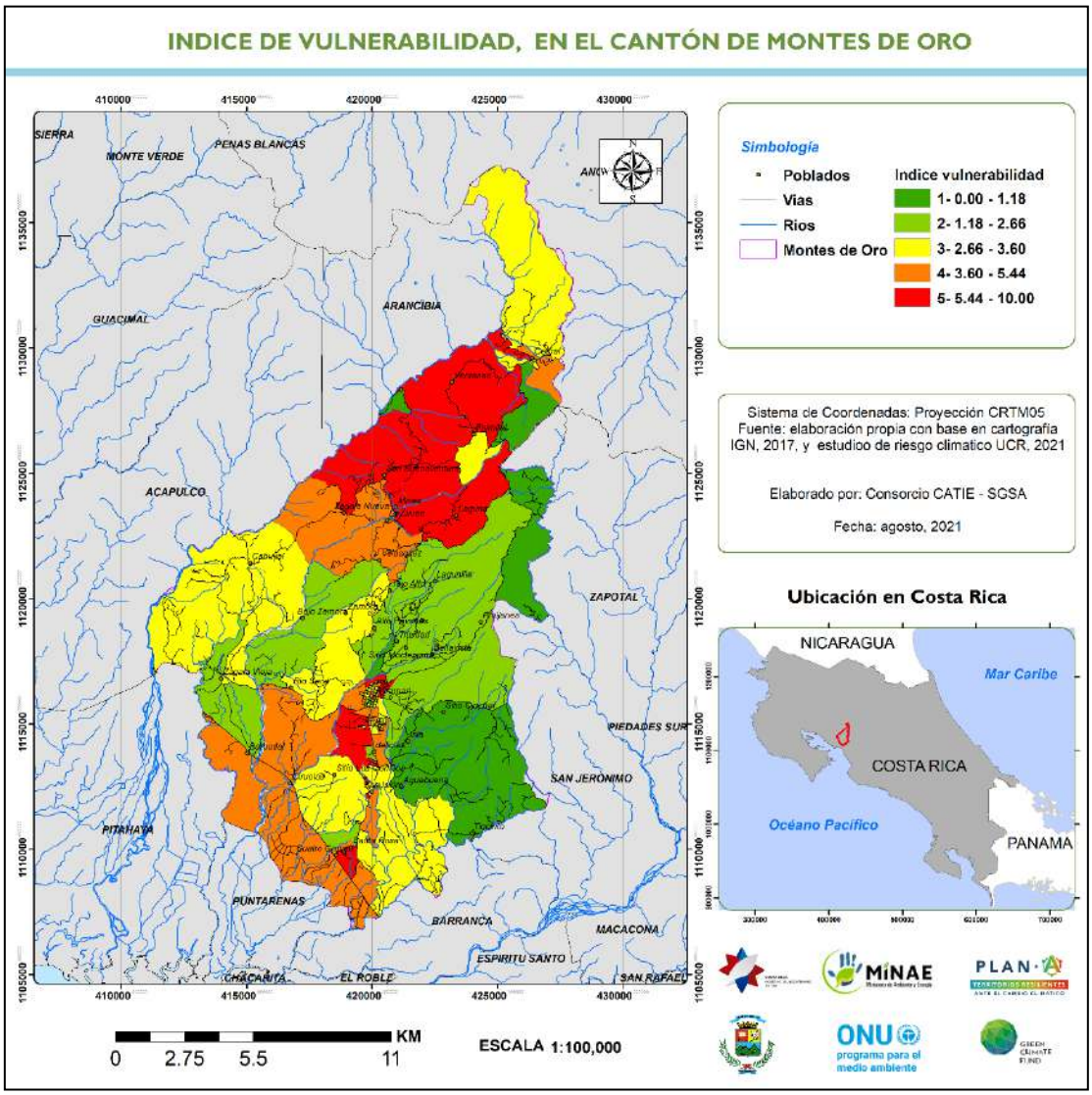

Figura 28. Índice de vulnerabilidad por UGN, cantón de Montes de Oro
Fuente. Universidad de Costa Rica, UCR (2021)

7.2 Ajuste por densidad de infraestructura y por densidad vial

Aunque la UGM disminuye la representación espacial del índice de vulnerabilidad, todavía expresa espacialmente áreas muy grandes que no reflejan el valor del IV, esto es, dan un falso IV a áreas que no están pobladas, o bien son transitadas. Por esta razón, se realizan ajustes por infraestructura y/o vialidad. En la Figuras 29 y 30 se han calculado densidades por infraestructura y por la red vial, tomado en cuanta la cartografía del IGN-RN (2017), que se utilizan para ajustar el IV, presentado en la Figura 31.

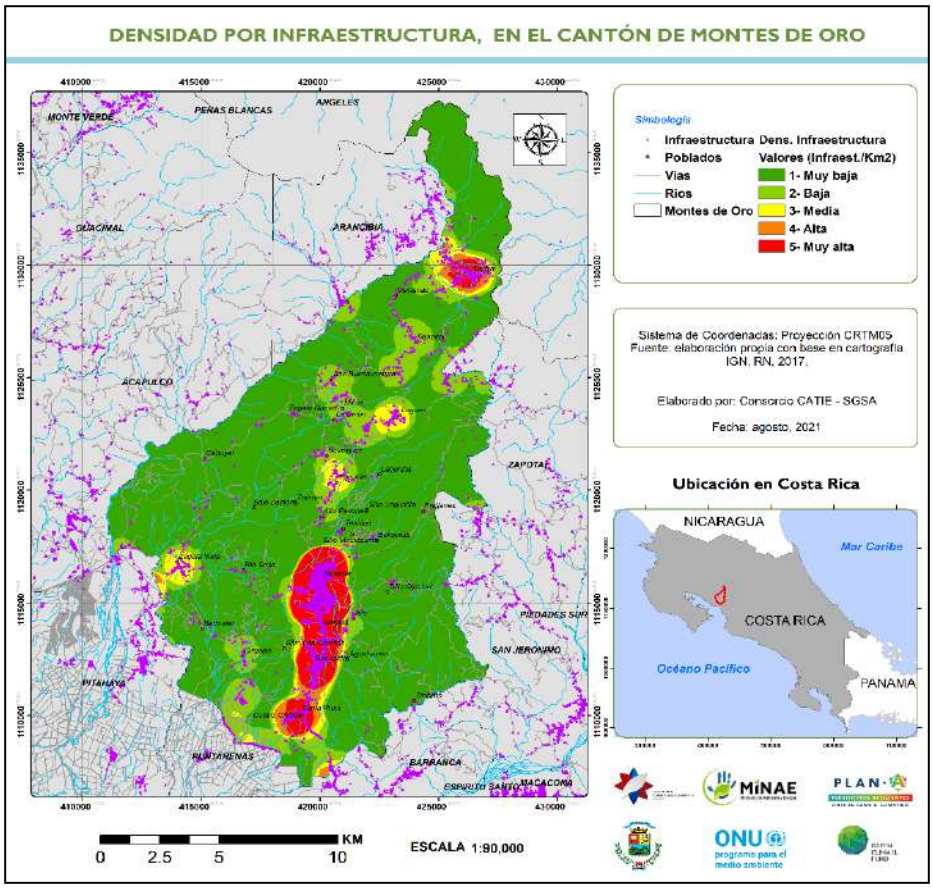

Figura 29. Densidad por infraestructura en el cantón de Montes de Oro

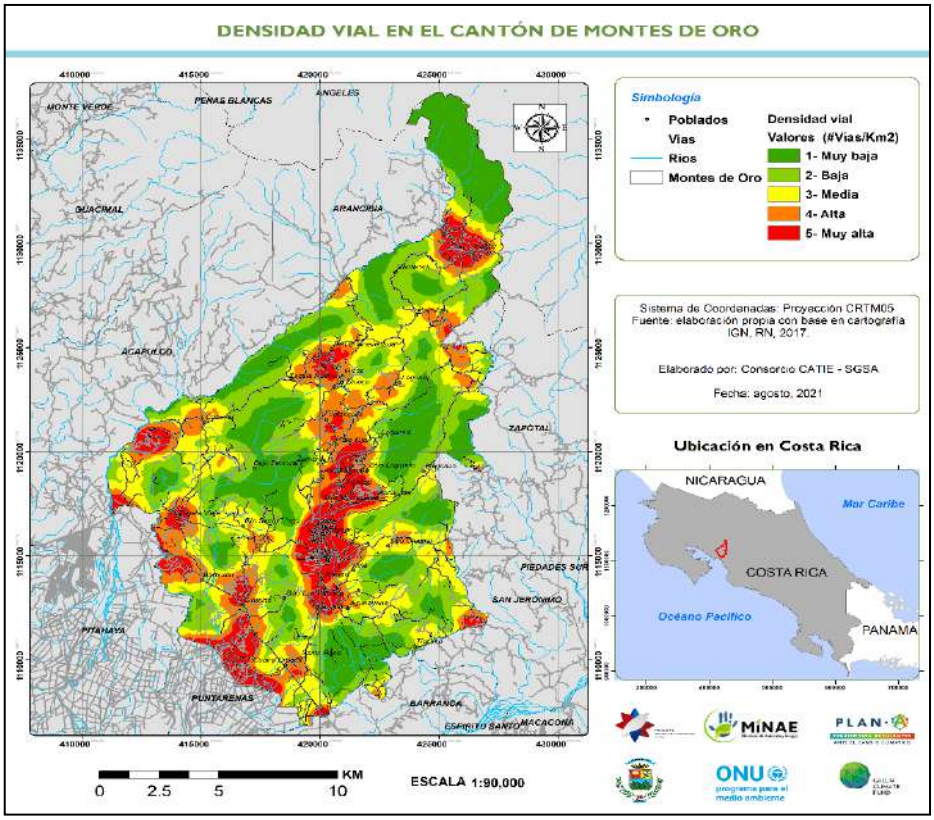

Figura 30. Densidad por infraestructura en el cantón de Montes de Oro

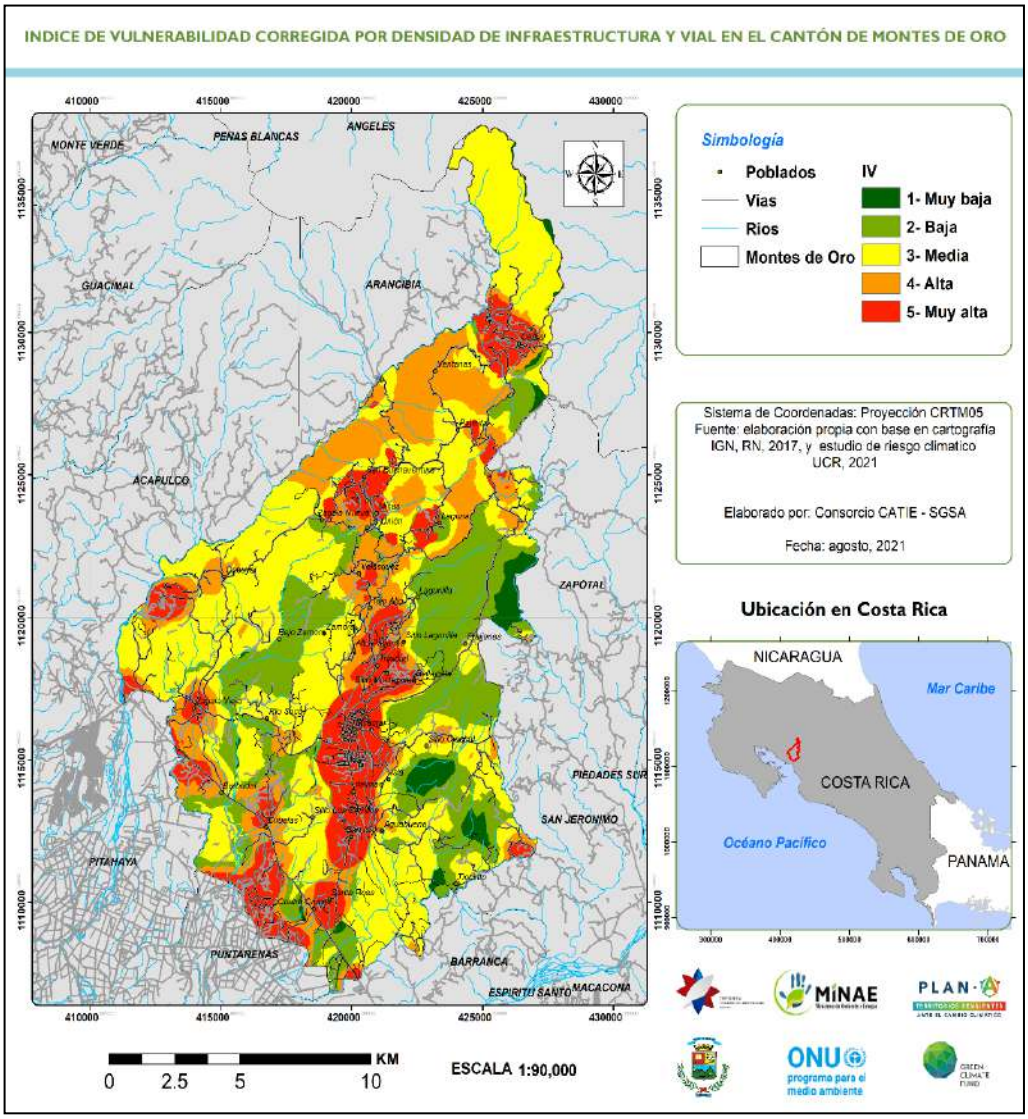

Figura 31. Índice de vulnerabilidad ajustado por infraestructura y vialidad en el cantón de Montes de Oro

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. En el Cuadro 16 se incluyen las áreas respectivas.

Cuadro 16. Índice de vulnerabilidad ajustado de Montes de Oro

Número	Descripción	Área Km^2	Porcentaje
1	Muy baja	6.53	2.64%
2	Baja	50.05	20.21%
3	Media	105.06	42.43%
4	Alta	46.87	18.93%
5	Muy alta	39.08	15.78%
7	Área cantón	247.59	100.00%

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

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

- En la parte alta en área de montaña, se dan eventos de inestabilidad de laderas en diferentes formas: deslizamientos, en Laguna y Cedral, entre otros, flujos de lodo y/o lajas en Palmital, que dañan la vía principal, así mimo alguna infraestructura viviendas o escuelas en Ventanas, reportadas por informes de la CNE(2012 y 2015), que se ubican en sitios con inestabilidad de laderas, provocando el uso de rutas alternas no adecuadas, y el aumento de costos por no poder trasegar mercancías, hasta lograr una reparación.
- 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. Esto ocurre tanto por el sobrepastoreo como por la pequeña remoción de tierra con sus pisadas, lo que viene a incrementar la reptación, lo que se observa en diversas aras dedicada a pastizales.
- Invasión de cauces y cañones con peligro de deslizamiento, en la parte alta y media, como en calle Yeti o La Huacas. Los terrenos con esta situación han sido ocupados por la población en forma ilegal (asentamientos informales) u otros, que fueron terrenos IDA (ahora INDER), 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
- Viviendas ubicadas en asentamiento informal en zonas baja que son afectadas por inundaciones en la llanura de inundación y que son protegidas por un terraplén de tierra o dique simple, en el sitio El Palmar por la Quebrada Los Negros, que no cumple su función, porque las viviendas están a un nivel más bajo del nivel de desbordamiento de la quebrada.
- Así mismo en eventos de intensidad fuerte o de varios días se inician procesos de inundación pluvial, como en Calle Tamarindo, debido al crecimiento urbano descontrolado y sin obras de desagüe adecuado para evitar las inundaciones.
- 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 área, y en un área muy localizada.

8.1 Exposición actual

La exposición actual a las amenazas consideradas, o índice de exposición, se obtiene integrando las exposiciones individuales de cada amenaza (inundaciones, flujos de lodo, deslizamientos, inestabilidad de laderas e incendios forestales), y considerando el efecto de los conflictos del uso y la erosión laminar. De esta forma, aplicando el análisis multicriterio, se combinan todas las exposiciones, que se presentan en la Figura 32. En el Cuadro 17 se muestra el resumen por áreas del índice de exposición, y en la Figura 33 las áreas y porcentajes del índice de exposición de Montes de Oro.

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

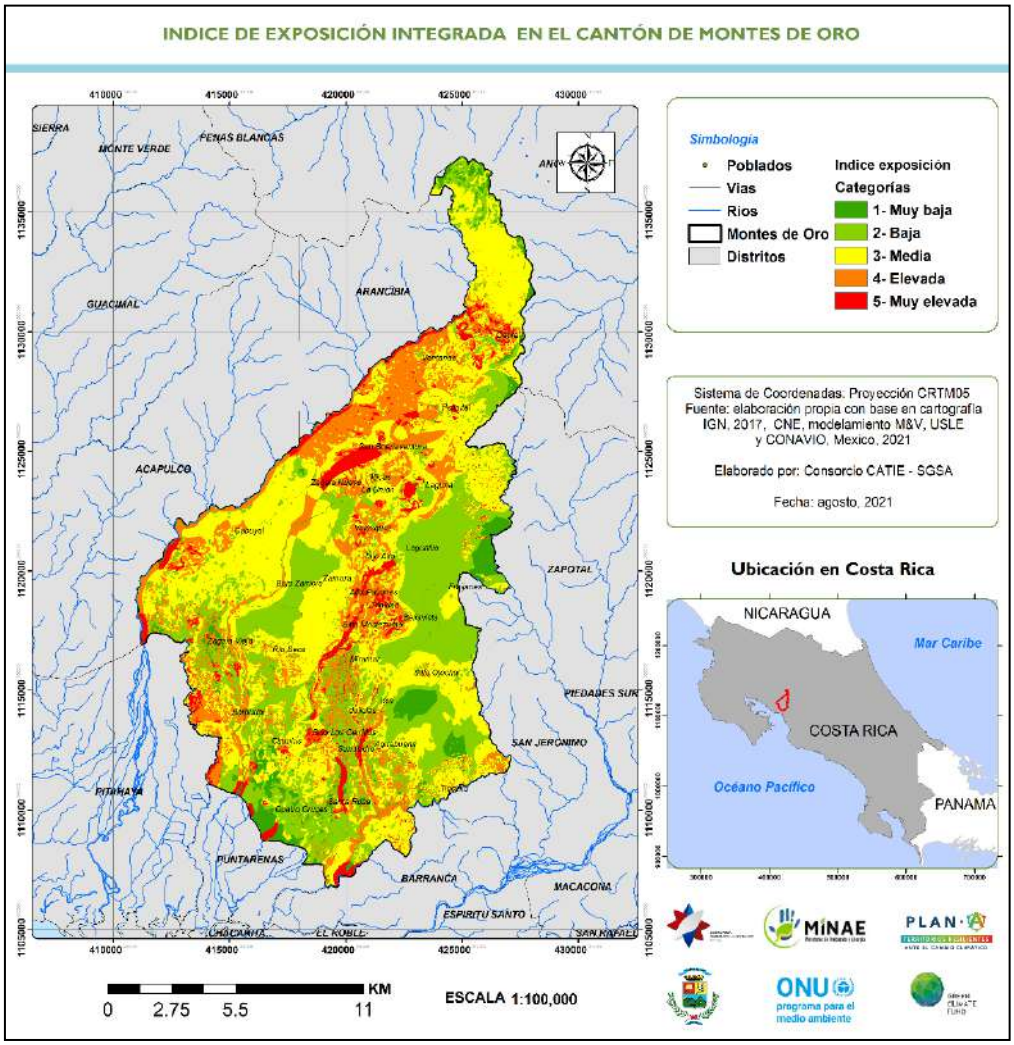

Figura 32. Exposición actual integrada o combinada en el cantón de Montes de Oro

La exposición contempla la representación espacial de las amenazas del cantón de Montes de Oro, y se espera sea de utilidad para mejorar la zonificación propuesta del Plan Regulador.

Cuadro 17. Índice de exposicón en el cantón Montes de Oro

Número	Descripción	Área Km^2	Porcentaje
1	Muy baja	13.12	5.30%
2	Baja	70.58	28.51%
3	Media	103.72	41.89%
4	Alta	46.97	18.97%
5	Muy alta	13.20	5.33%
7	Área cantón	247.59	100.00%

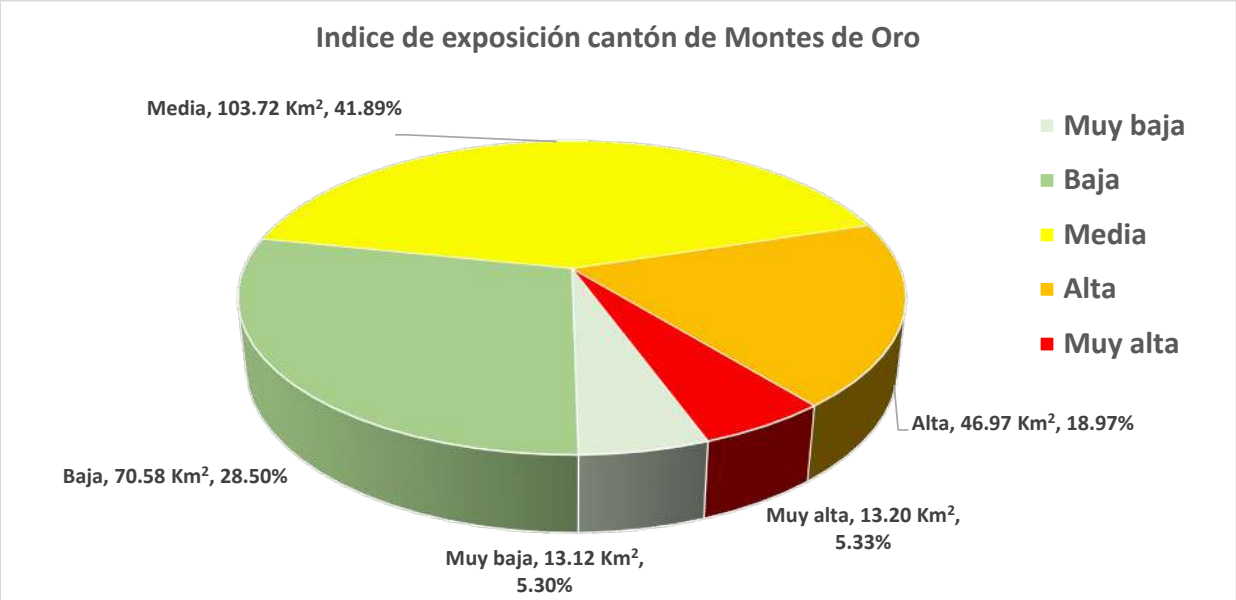

Figura 33. Áreas y porcentajes del índice de exposición actual del cantón de Montes de Oro

8.2 Exposición futura

El escenario RCP26A del IMN permite realizar un ajuste de la exposición integrada, mostrado en la Figura 34.

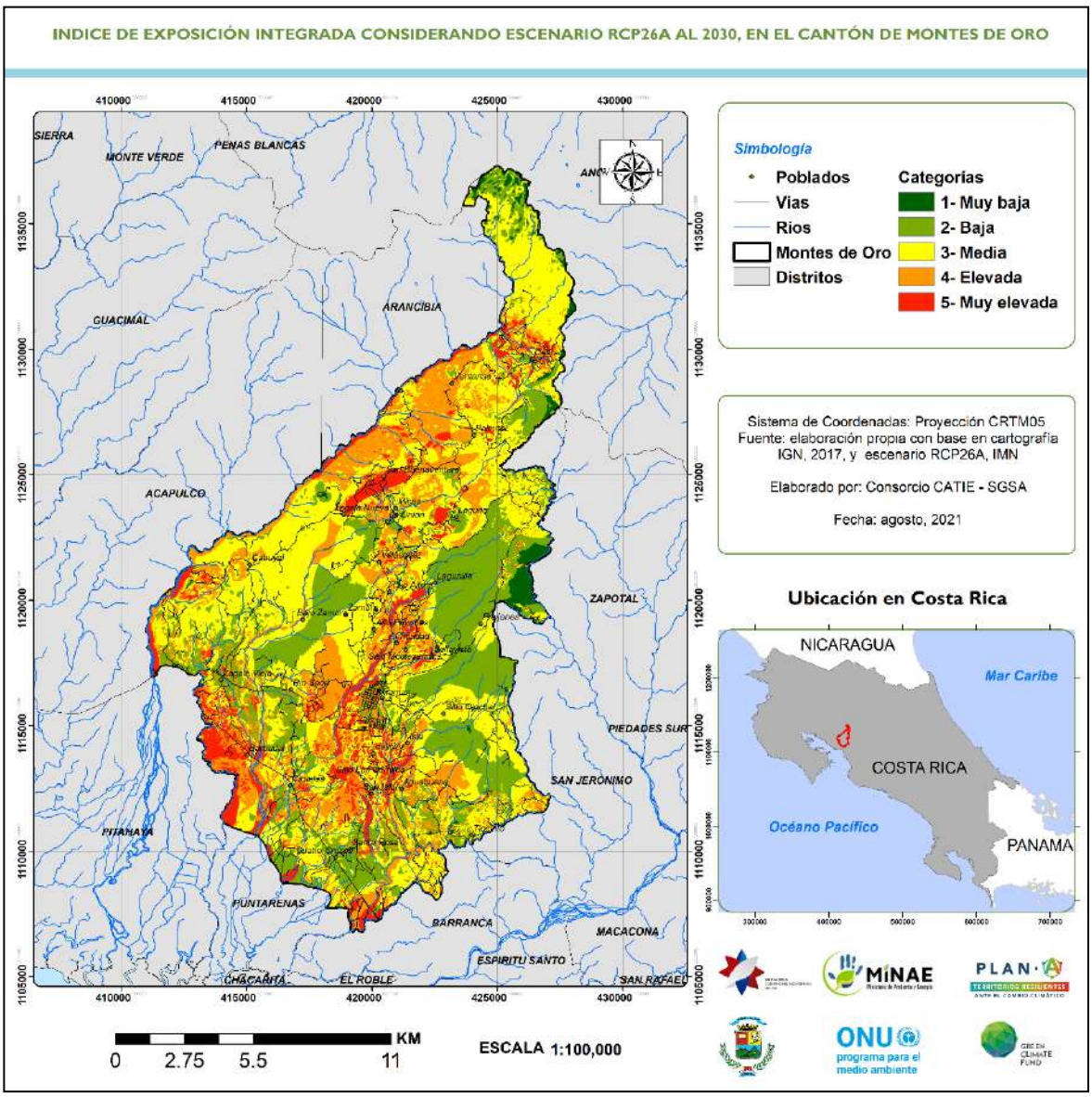

Figura 34. Exposición futura por escenario P90 RCP26A en el cantón de Montes de Oro

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

La identificación de impactos se completará con información adicional recopilada e información de actores locales, según los talleres planteados y que se incluirán en los próximos informes así como en la propuesta del Plan de Acción para la Adaptación Climática . Sin embargo, es claro que los principales impactos climáticos y su exposición se relacionan a los eventos de:

- 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, ver mapa de exposición a deslizamientos de la CNE y modelado por metodología Mora/Vahrson, en Anexo 2.
- Inundaciones, las inundaciones se dan más en la parte baja del cantón con afectación a asentamientos ilegales, mal ubicados. Así mismo se empiezan a dar inundaciones de índole pluvial provocadas por la falta de capacidad de las obras hidráulicas, situación que aumentara al aumentar la urbanización de las áreas, ver mapa de exposición de inundaciones y flujos de lodo de la CNE, en Anexo 5.
- La situación de la erosión del suelo ya es un problema, 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, acá es indispensable mejorar esta condición, porque es de esperase que, con lluvias más intensas y seguidas, el suelo sufrirá su impacto, por la falta de una cobertura adecuada. Esto se aprecia en el mapa de erosión laminar metodología USLE y en el mapa de conflictos de uso de la tierra, Anexos 3 y 4.
- 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. Esto se muestra en el Anexo 5, exposición a la densidad de puntos de calor.
- Aunque no se cuenta con información de oferta hídrica, se ha tenido el caso de que las nacientes bajan su producción, muy probable asociados a un evento de la geodinámica externa, más que a la variabilidad climática. Es necesario estudiar las causas de estos fenómenos para corregir la situación, aunque es conveniente señalar que las nacientes están amenazadas, y a falta de estudios, se hace necesario, reforzar las áreas de protección de la recarga hídrica de esas nacientes[12].
- Por las características de las amenazas consideradas se requiere realizar estudios a nivel probabilístico de las amenazas, a nivel de las subcuencas hidrográficas, y de considerar amenazas concatenadas, dado la evidencia de deslizamientos grandes como el de Arancibia.

[12] Información brindada por funcionarios municipales.

9.1 Impactos climáticos por cuenca – subcuencas - microcuencas

La exposición llevada a nivel de microcuencas permite dirigir las acciones mediante medidas de adaptación que se aplicarían en las subcuencas más expuestas a las amenazas, como se presenta en el Figura 35.

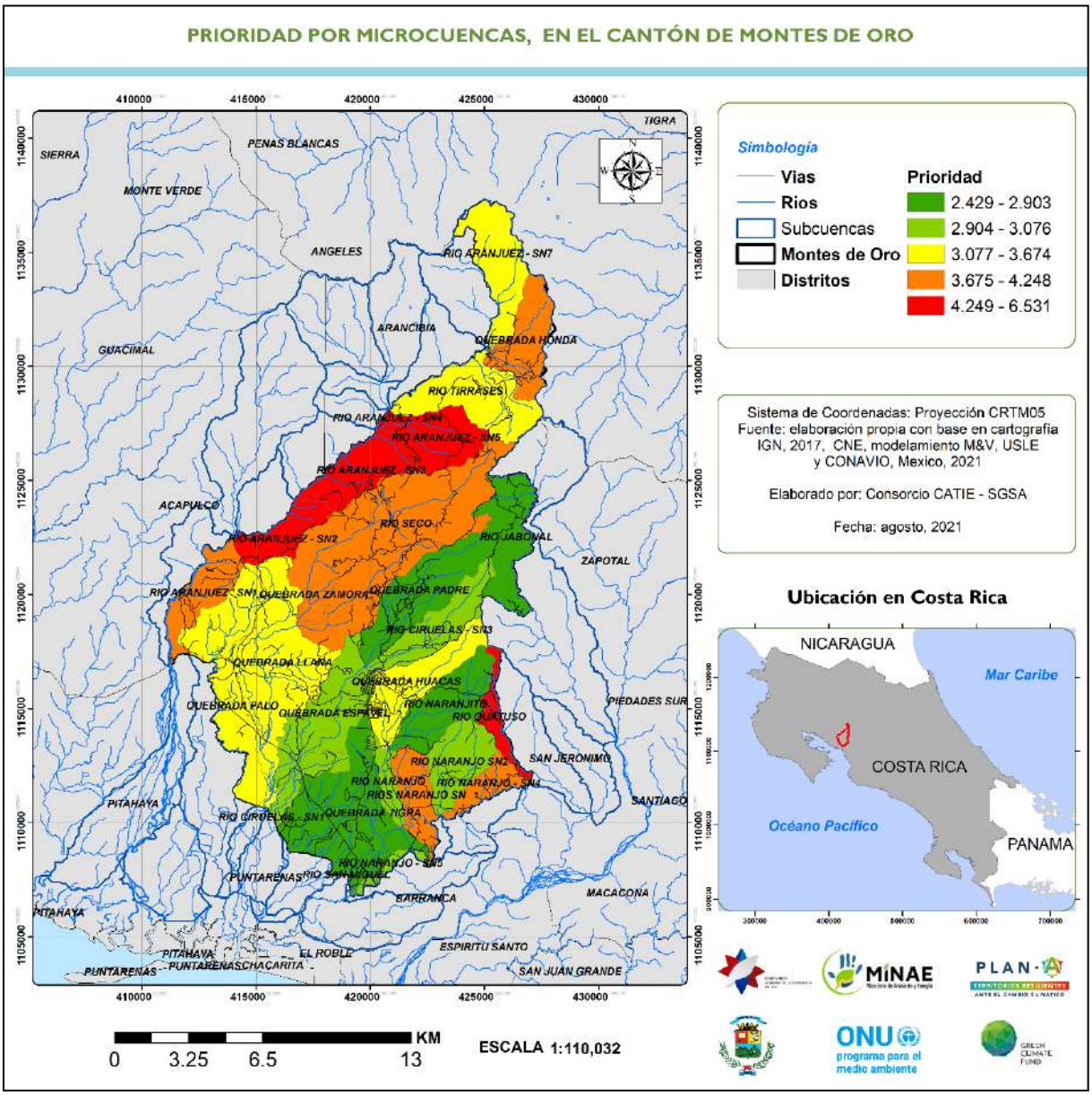

Figura 35. Priorización por microcuencas, en el cantón de Montes de Oro

9.2 Impactos climáticos por áreas especiales

Las áreas silvestres protegidas de Montes de Oro incluyen la reserva biológica (RB) Alberto Manuel Brenes y la zona protectora (ZP) Arenal-Monteverde, en la parte norte del cantón. Al este se ubican el refugio de vida silvestre (RVS) Peñas Blancas y la zona protectora (ZP) Montes de Oro. Como se observa en la Figura 36, la exposición por amenazas es de muy baja a media en las dos primeras y en el RVS Peñas Blancas, en la ZP Montes de Oro, en su límite hay una pequeña área con exposición elevada, que amerita atención. Se recomienda la visita al sitio y comprobar la tenencia y el uso de la tierra que provoca esta calificación, lo cual es responsabilidad del SINAC. Es importante mantener la vigilancia y la conservación de las ASP, pero en general éstas no presentan mayores problemas de índole climático; sin embargo, dependiendo la categoría de manejo, las ASP pueden estar sujetas a cambios de uso de la tierra, si no pertenecen al Estado.

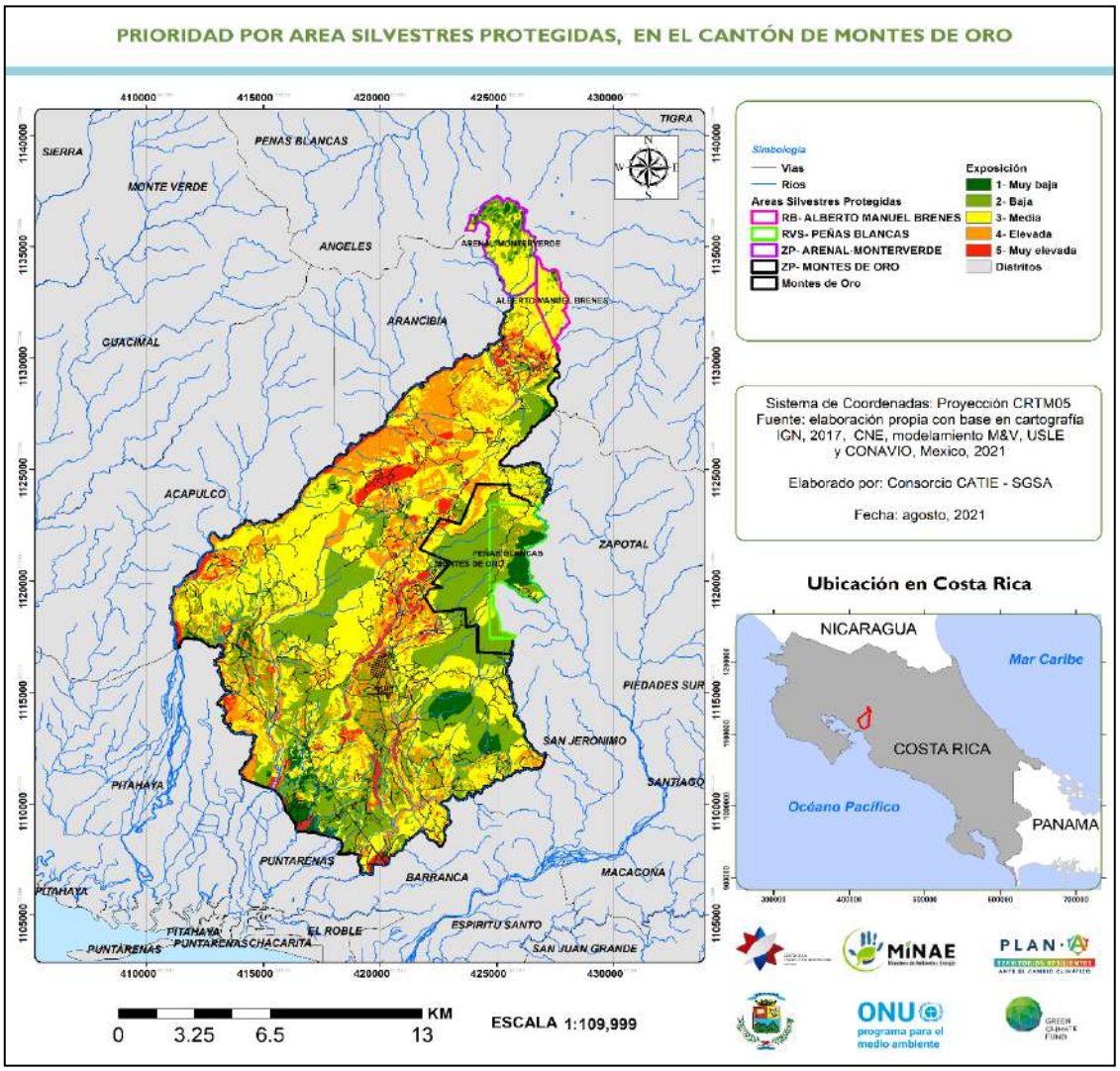

Figura 36. Áreas Silvestres Protegidas por exposición integrada de amenazas, en el cantón de Montes de Oro

10. Oportunidades

Dado que el cantón de Montes de Oro ha tenido un desarrollo lineal por la principal carretera, tiene toda 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 en:

- Zonificación territorial incluyendo reordenamiento, reubicando asentamientos informales.
- Protección y conservación del suelo, incluyendo prácticas agrosilvopastoriles.
- Protección y conservación del recurso hídrico.
- Desarrollos urbanísticos en sitios seguros, incluyendo reubicación de sitios ya señalados por la CNE.
- Mejoramiento vial y uso de rutas alternas, incluyendo aumento de capacidades y refuerzos de puentes y alcantarillas.
- Estudios específicos de amenazas en forma probabilística, y de balances, incluyendo pozos y nacientes que han perdido su funcionalidad.
- Estímulo a la agroforestería como práctica de protección y conservación de suelos.

En el Cuadro 18 se incluye algunas acciones de estrategias de adaptación en el cantón de Montes de Oro, incluidas prácticas de índole mecánica, vegetativa, cultural y política.

Cuadro 18. Estrategias de adaptación en el cantón de Montes de Oro

Sector afectado	**Estrategia de adaptación**	**Elemento del sistema**	**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
			Labranza conservacionista	Mulch	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 practicas
			Terrazas	Cercas vivas	Evitar la quema en terrenos agropecuario	Campañas de ahorro de agua en verano
			Nivelacion del 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			Pronpver reforestacon de areas e recarga hidrica
			Almacenamiento de agua			Conservar y recuperar áreas de protección de riberas
			Reuso de agua			
			Tecnologia de bajo consumo deagua			

Fuente: elaboración propia

Estas estrategias y los mapas finales producidos llamados de exposición servirán para el trabajo con la comunidad y la Municipalidad de Montes de Oro.

11. Identificación y análisis de actores clave y sus roles en el cantón de Montes de Oro

A continuación, se presentan en el Cuadro 19 aquellos ministerios o sectores relacionados con el ambiente[13], el recurso hídrico por su relación al cambio climático, y la gestión del riesgo en el cantón de Montes de Oro.

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

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

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

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

12. Capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa hace referencia a las capacidades: población, recursos e instituciones, 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 Montes de Oro, se tiene un territorio con extensión media, con vías de comunicación deficientes en la parte alta hacia La Unión, que requieren un mantenimiento constante, y donde el papel de rectoría de la Municipalidad es clave para el sostenimiento efectivo, apoyado en casos extremos por la CNE. En cuanto a la planificación territorial, la Municipalidad de Montes de Oro ha realizado esfuerzos importantes desde el 2011 para la elaboración del plan regulador, con el apoyo del INVU y con estudios contratados, que lograron la aprobación ambiental en el 2017; sin embargo, aún no se aprueba el plan. Algunos aspectos que están ausentes en los estudios realizados son la gestión del riesgo, el enfoque por cuenca hidrográfica, subcuenca o quebrada, o balances hidrológicos mensuales, ente otros.

La no aprobación del Plan Regulador, aunado a problemas derivados por invasión a sitios peligrosos, o bien terrenos cedidos del INDER, hace que el mismo deba aprobarse a la brevedad, o por lo menos una zonificación segura del territorio.

Siendo un cantón eminentemente agropecuario, con sobreexplotación de terrenos de montaña con particularidades de minería y de posible explotación eólica, el turismo se ve poco favorecido y se recomienda impulsar. Es importante tomar en cuenta que la población es muy apegada a su territorio y hasta cierto punto no ha impulsado esta actividad. Los talleres planificados a nivel distrital permitirán explorar las percepciones, potenciales y capacidades de las poblaciones locales para la implementación de medidas de adaptación que pueden identificarse a partir de este estudio.

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 Montes de Oro.

13. Conclusiones

- Se realiza un diagnóstico local mejorando la escala de análisis.
- La metodología empleada fue propuesta cumpliendo conceptualmente 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.
- Se realiza una base de datos a nivel local, donde resaltan el uso de la tierra, la modelación de amenazas de erosión y de 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 debidos a 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.
- 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, aspectos que no fueron tratados en los estudios previos.
- Se prioriza la exposición por amenazas de índole climática a nivel local por microcuenca hidrográfica.
- La priorización por ASP indica que se deben mantener las acciones de protección y conservación en las mismas.
- 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 P90 RCP26A, al 2030, del IMN.

- Los análisis de la información suministrada en estudios previos ponen de manifiesto que la escala referida al nivel local, donde los estudios se hicieron pensando en ámbitos cantonales y distritales, son referenciales de una planificación regional. Sin embargo, presentan limitaciones a escala local y no permiten que los resultados se vislumbren en las escalas establecidas en 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, y la lluvia máxima o mínima *per se* no es la amenaza, lo importante es ver 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 como 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 en el 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, que permiten 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.

14. Recomendaciones

- Validar las amenazas modeladas y la exposición presentada para situación actual; esto se realizó en Montes de Oro por ser un cantón de un área relativa pequeña.
- Los siguientes pasos incluyen el trabajar con los actores locales identificando las medidas de adaptación y priorizarlas para ser incluidas en el Plan de Acción para la Adaptación Climática del cantón de Montes de Oro.
- El análisis de amenazas es determinista y centrado en aspectos sociales y económicos, por lo que se requiere avanzar en estas estimaciones, mejorando los estudios e introduciendo el análisis probabilista del riesgo.
- Se deben abarcar otras dimensiones de la exposición y la 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).
- Debe realizarse la actualización de las bases de datos pues las existentes provienen del censo 2011; esto debe realizarse tanto a nivel de las variables socioeconómicas como a nivel de nuevos polígonos que tienen ya más de 10 años de crecimientos urbanísticos.
- Un análisis agrometeorológico se hace necesario para incorporar la dimensión natural, un análisis de índices bióticos se requiere para incorporar la parte biológica. También es deseable el análisis cultural, educativo, técnica 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.

15. 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)

Astorga et al. (2013). Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Regulador del Cantón de Montes de Oca, San José, Costa Rica.

CATIE, 2019. Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical

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

Censo Agropecuario. 2014. Estadísticas provinciales y cantones agropecuarios. Consultado marzo, 2020. Disponible en: https://www.inec.cr/censos/censo-agropecuario-2014?keys=&at=All&prd=All&field_anio_documento_value%5Bvalue%5D%5Bdate%5D=

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, s.f._Amenazas naturales en el cantón de Montes de Oro, Disponible en: Montes de Oro - descripción de amenazas.pdf (cne.go.cr)

CNE, 2019. Mapa de amenazas del cantón de Montes de Oro. Disponible: https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/mapas_amenzas/mapas_de_amaneza/puntarenas/Montes%20de%20Oro.pdf

DEPAT, 2016). Plan Estratégico Municipal de la Municipalidad de Montes de Oro Desarrollado por Desarrollos en Ecología, Paisajismo, Planificación, Arquitectura y Turismo. Fondos de MIDEPLAN, para la Municipalidad de Montes de Oro.

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 & Saborío, J., 2002. Análisis Integral del riesgo en la Cuenca del río Savegre, apoyo al Plan de manejo de la Cuenca -MINAE/AECI,

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

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

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

INVU, s.f. 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. (2011). X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda. Resultados Generales. San José, C.R.

INVU, Municipalidad de Montes de Oro. 2012. Plan Regulador del cantón de Montes de Oro, suministrado por la Municipalidad de Montes de Oro. Informes por fases: I) Recopilación de datos, II) Análisis y Diagnóstico, III) Pronóstico, III, IV Propuestas.

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)

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)

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

Mora, S. y Vahrson, W. (1994). Macrozonation methodology for landslide hazard determination. Bulleting of the Association of Engineering and Geologist, 31(1), 49-58

Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D. 2021. 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.

Patiño, M. (2007). Mapa de velocidades de viento para Costa Rica. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

REVE 2011 (Revista eólica y vehículos eléctricos). Disponible en: Eólica en Costa Rica: Cinco nuevos proyectos eólicos en marcha | REVE Actualidad del sector eólico en España y en el mundo (evwind.com)

SGSA (2009). Diagnóstico del recurso hídrico para la Región Pacífico Central., solicitado por la Dirección de Cuenca s de AyA.

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. 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: Predieting 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.

- *Definiciones del IPCC (Glosario, IPCC, 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 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 (Mora, S., 2019)

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 A3-1, 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.

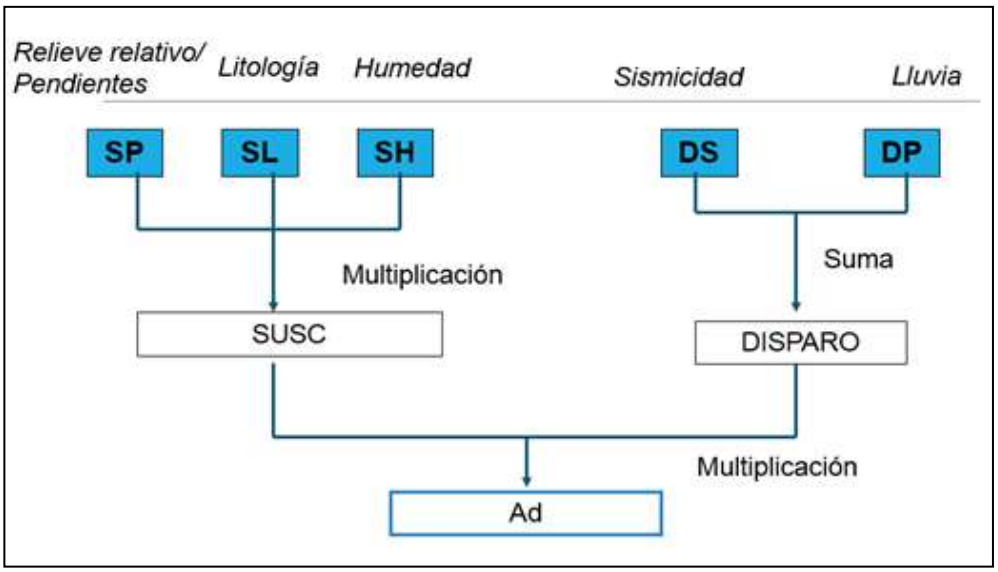

Figura A2-1. Esquema del proceso Mora y Vahrson.
Fuente: Elaboración propia con base en el modelo Mora S. y Vahrson G. (1994)

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 73,2 grados (equivale a 331,8%), con una pendiente promedio de 17,6 grados (equivale 34,1%) para el área de análisis. Aunque hay pendientes muy fuertes en las partes altas y media, empiezan a disminuir en la parte media hacia la parte baja.

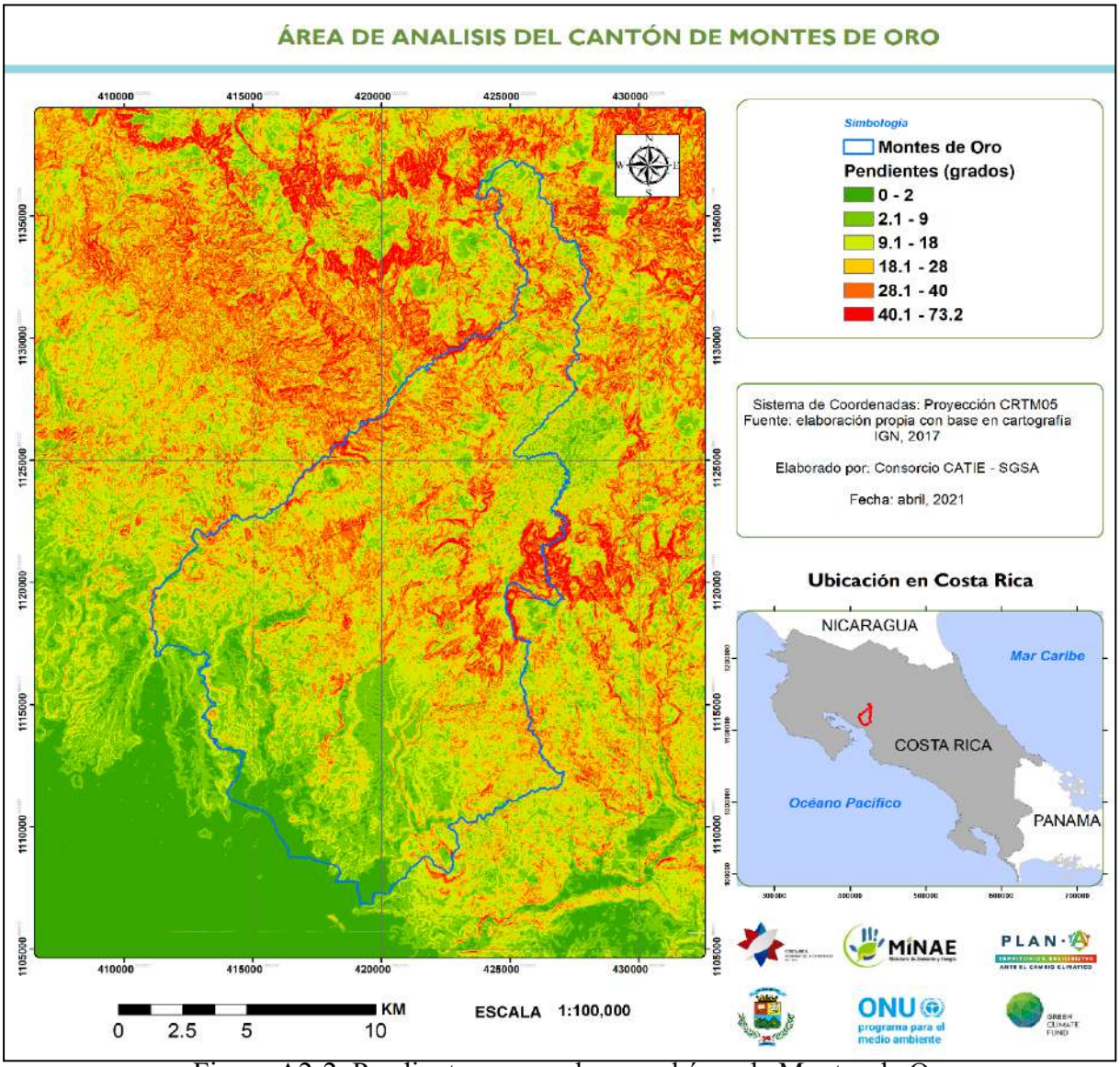

Figura A2-2**.** Pendientes, en grados, en el área de Montes de Oro

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.

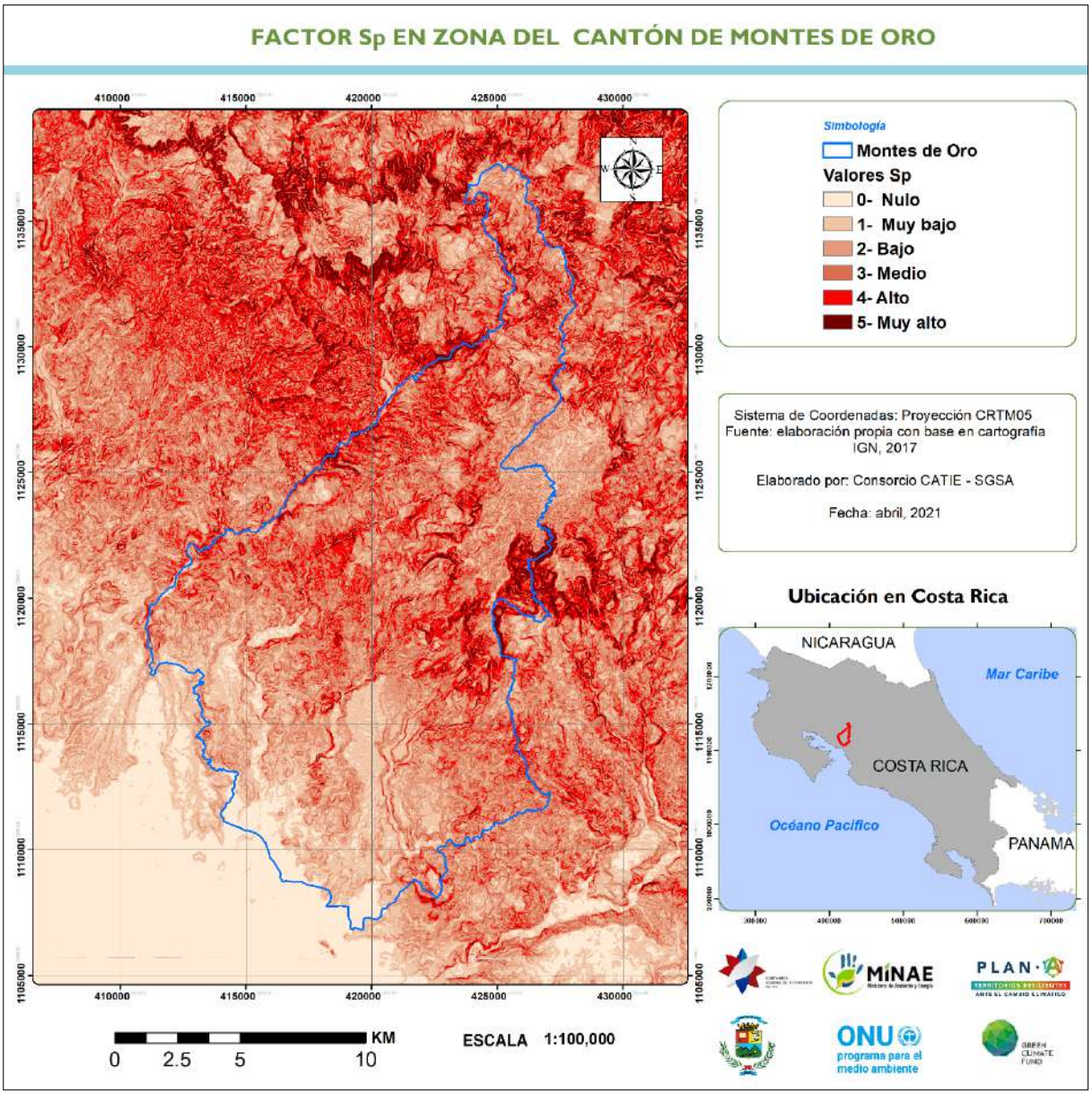

Figura A2-3. Factor Sp, metodología Mora & Vahrson, en el área de Montes de Oro

A2.2 Factor litológico (SL)

El factor SL de Mora & Vahrson se obtiene a partir de la geología considerando la litología, ver Figura A2-4. En el caso del área de interés, se cuenta con un mapa geológico por formaciones, elaborado para este estudio, además se tomó en cuenta el mapa de este factor desarrollado con base a estudio de UNED (2015) e información de la hoja Miramar, es estudio de la CNE (2020), así como mapa del IFA (Municipalidad de Montes de Oro, s.f.).

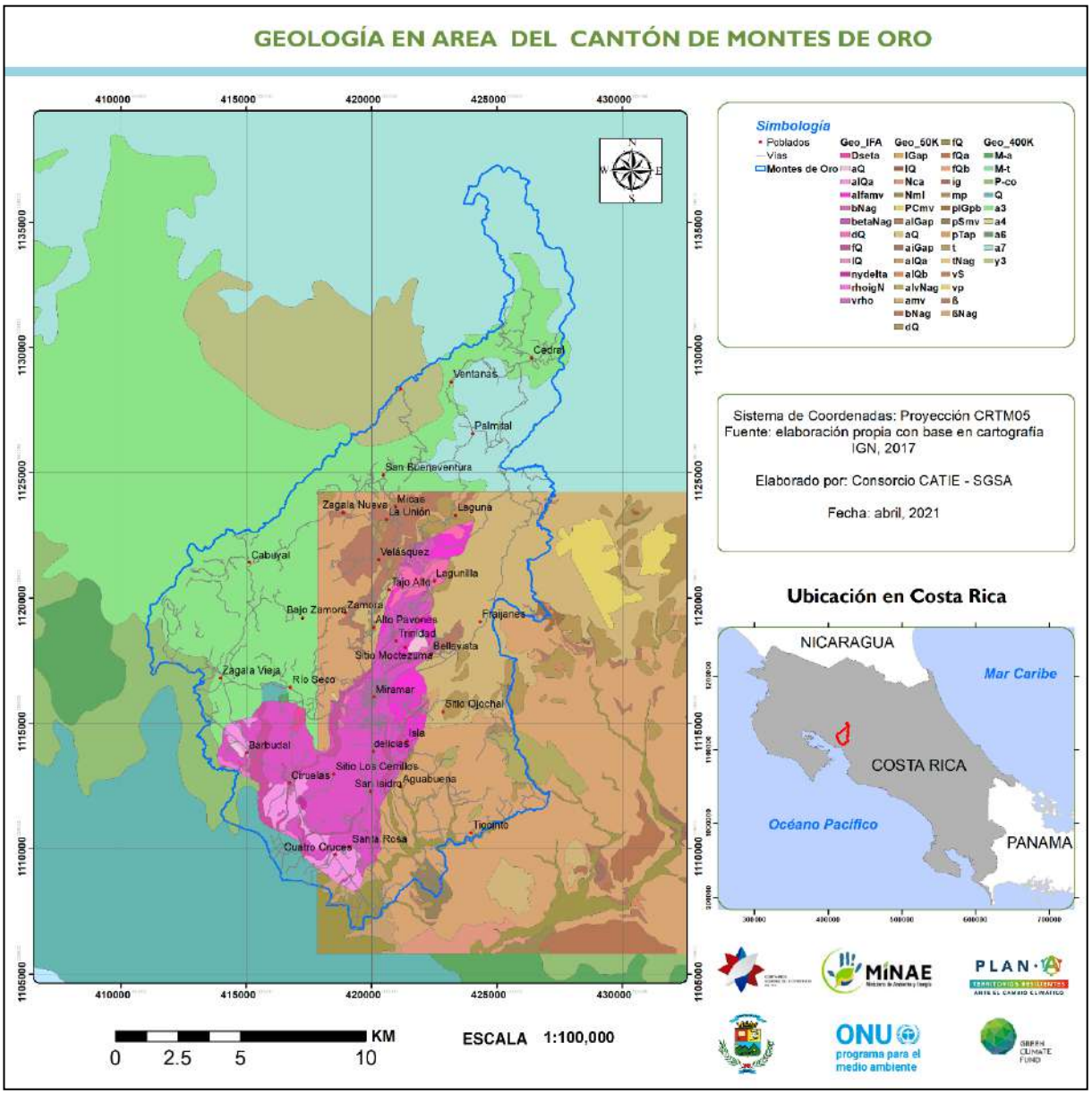

Figura A2-4. Geología en área de análisis del cantón de Montes de Oro

En la Figura A2-5, se muestra el factor SL, respectivo, asignado con valores del estudio de la CNE (2020).

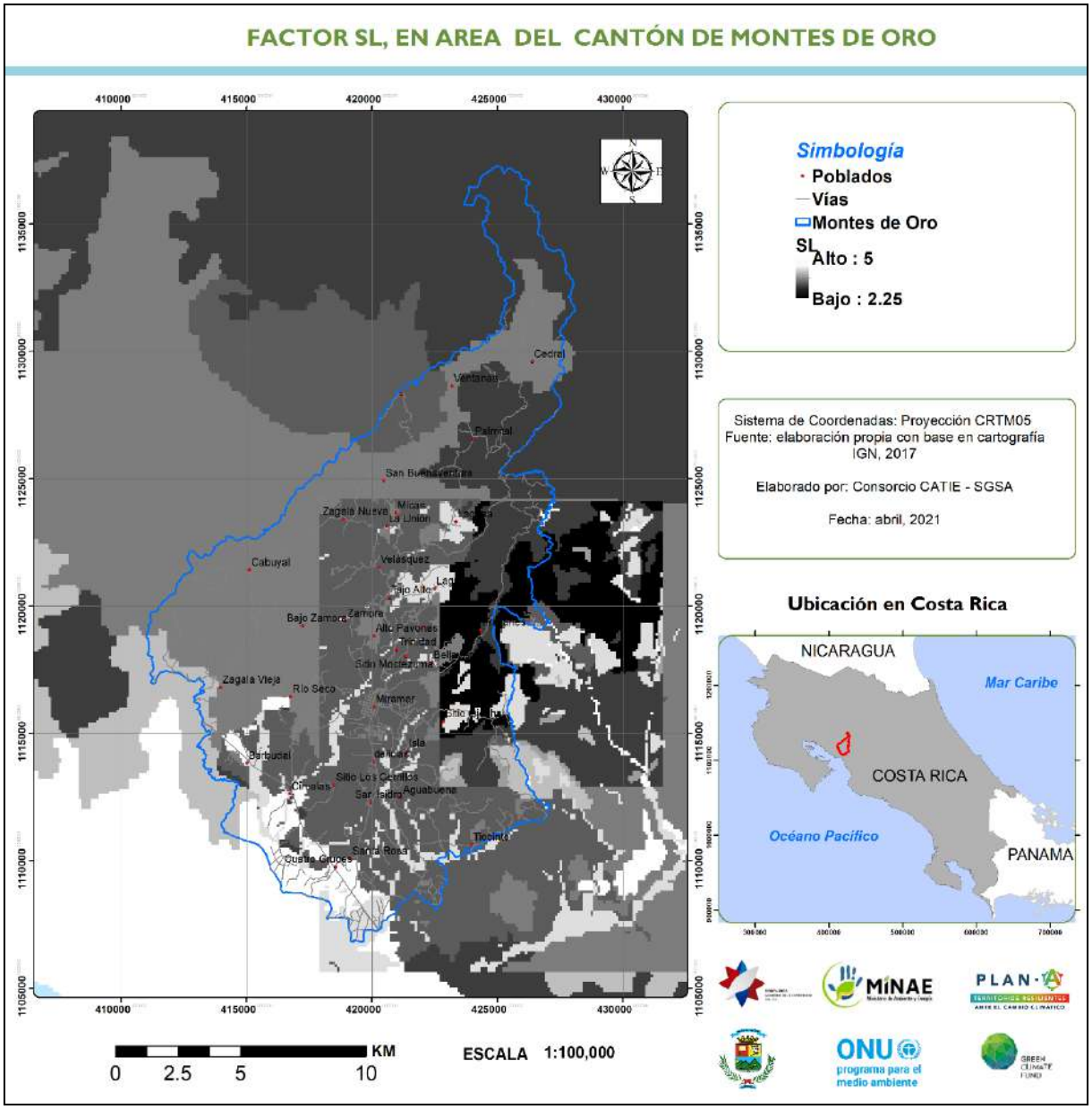

Figura A2-5. Factor LS, en área de análisis del cantón de Montes de Oro

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 baja, al sur y al noreste de 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 (Figura A2-6), 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.

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 y reclasificado de acuerdo con el Cuadro A2-2. El factor de humedad, de la metodología Mora & Vahrson, se muestra en la Figura A2-7.

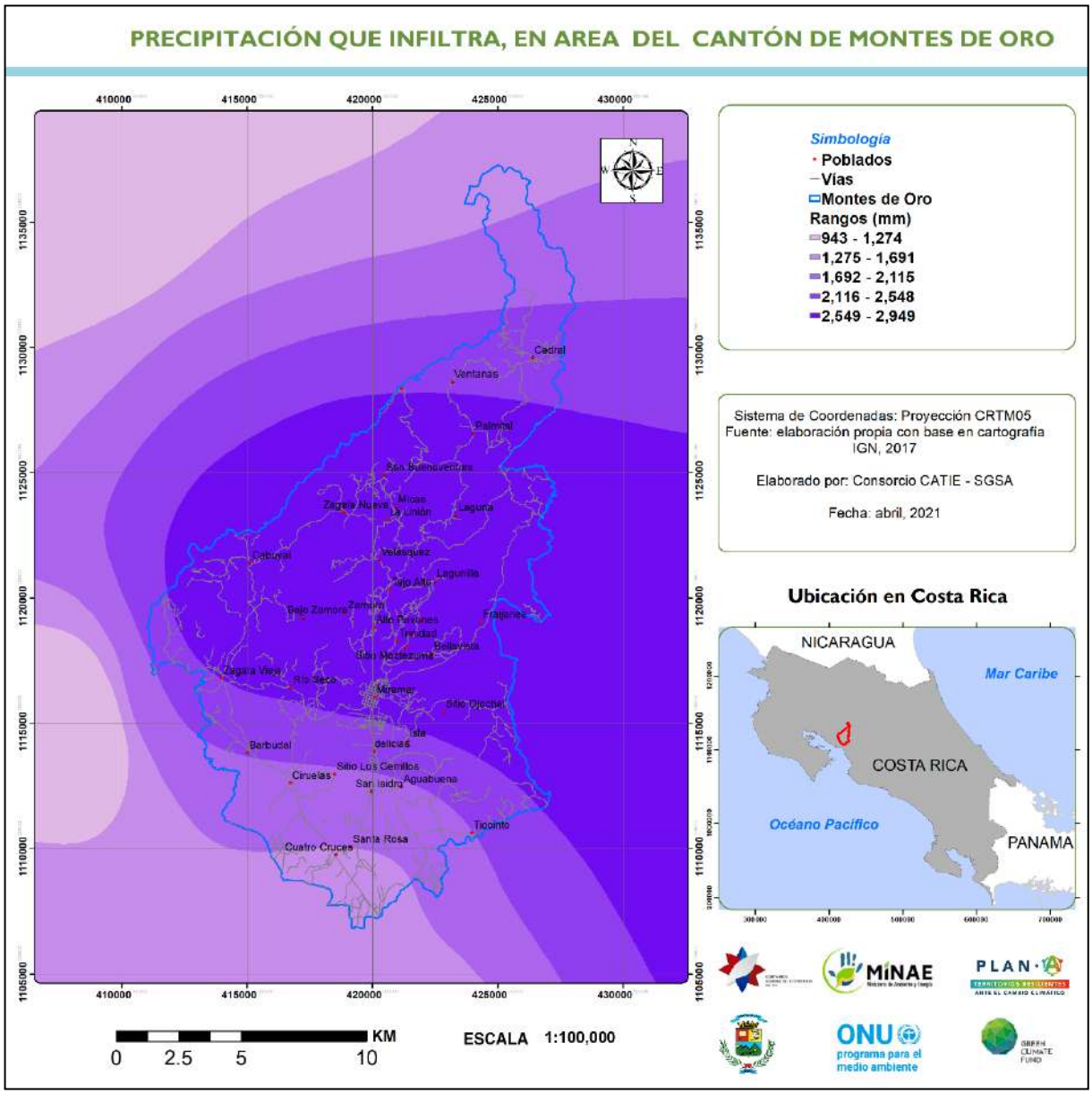

Figura A2-6. Precipitación que infiltra en el área de Montes de Oro

Cuadro A2-2**.** Valores del factor de humedad en función de la precipitación que infiltra

Rango en mm	**Valor Sh**	**Descripción**
0 – 500	1	Muy bajo
500 – 700	2	Bajo
700 – 900	3	Medio
900 – 1200	4	Alto
Más de 1200	5	Muy alto

Fuente: Elaboración propia

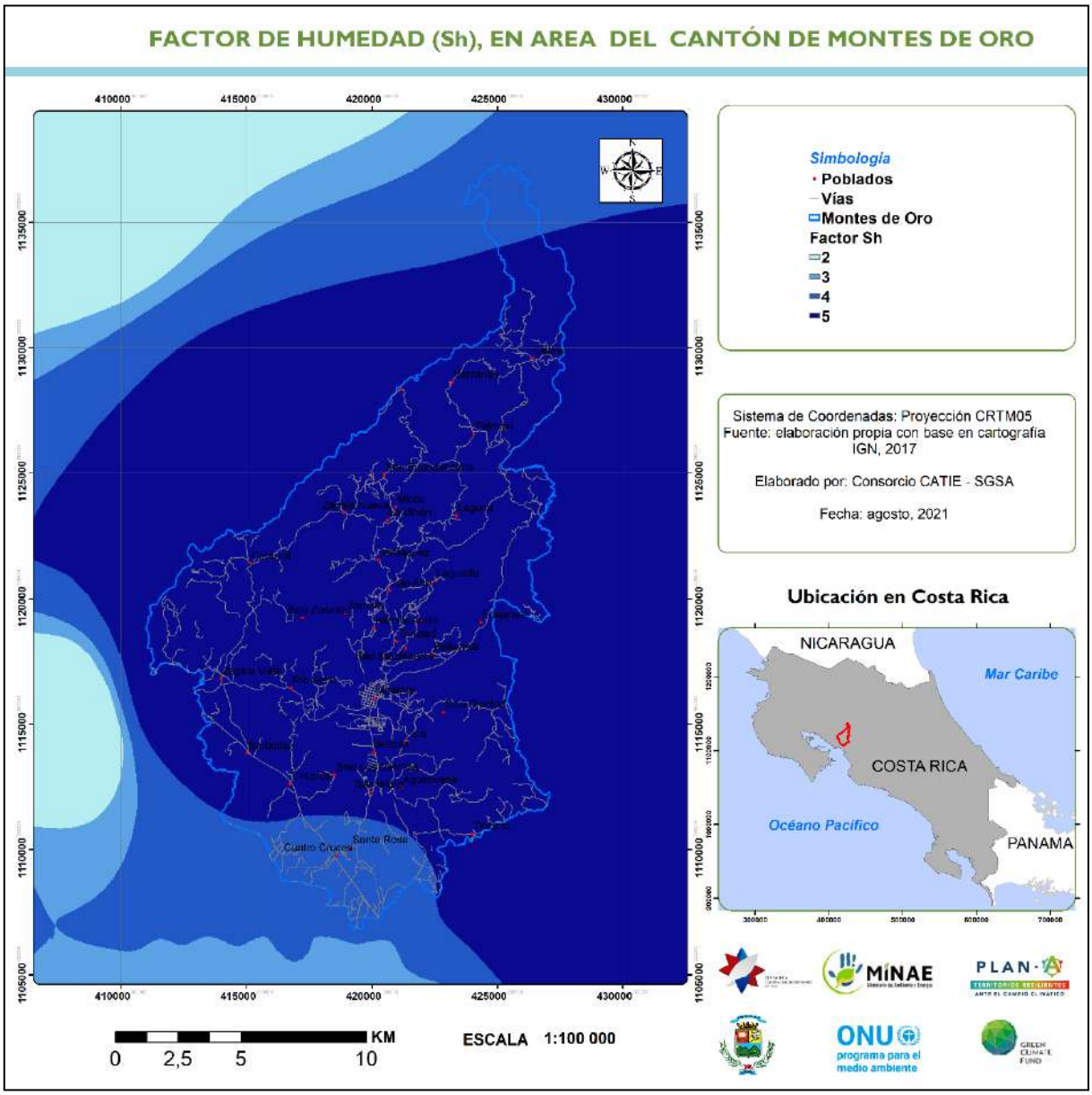

Figura A2-7. Factor de humedad (Sh) de la metodología Mora & Vahrson, en Montes de Oro

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 A2-8. 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 125, según la metodología.

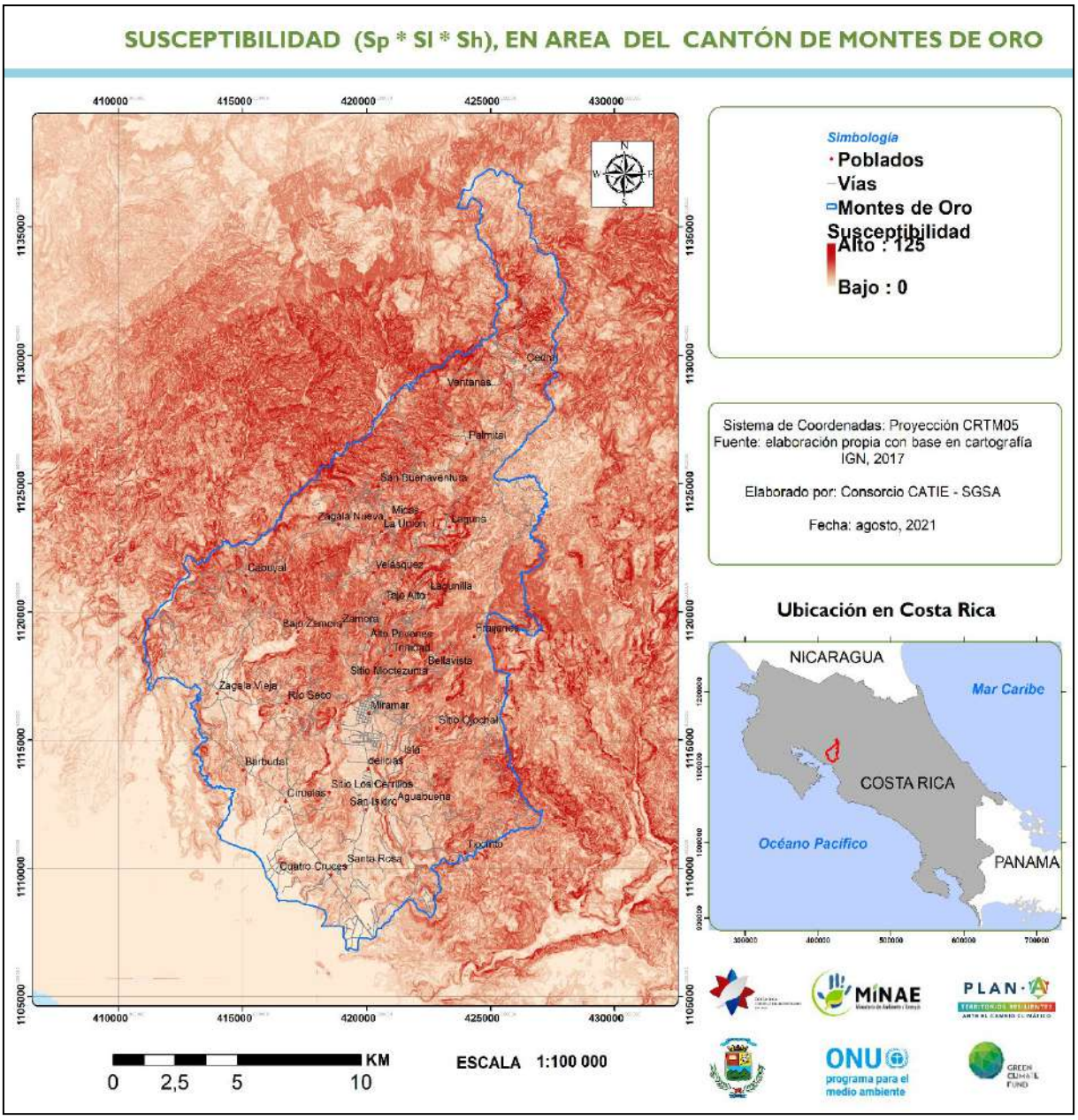

Figura A2-8. Susceptibilidad potencial a deslizamientos – Mora &Vahrson, en el área de interés

A2.5 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 A2-9), del proyecto RESIS II, en este caso interpolado para un píxel de 5 metros dentro del área de análisis.

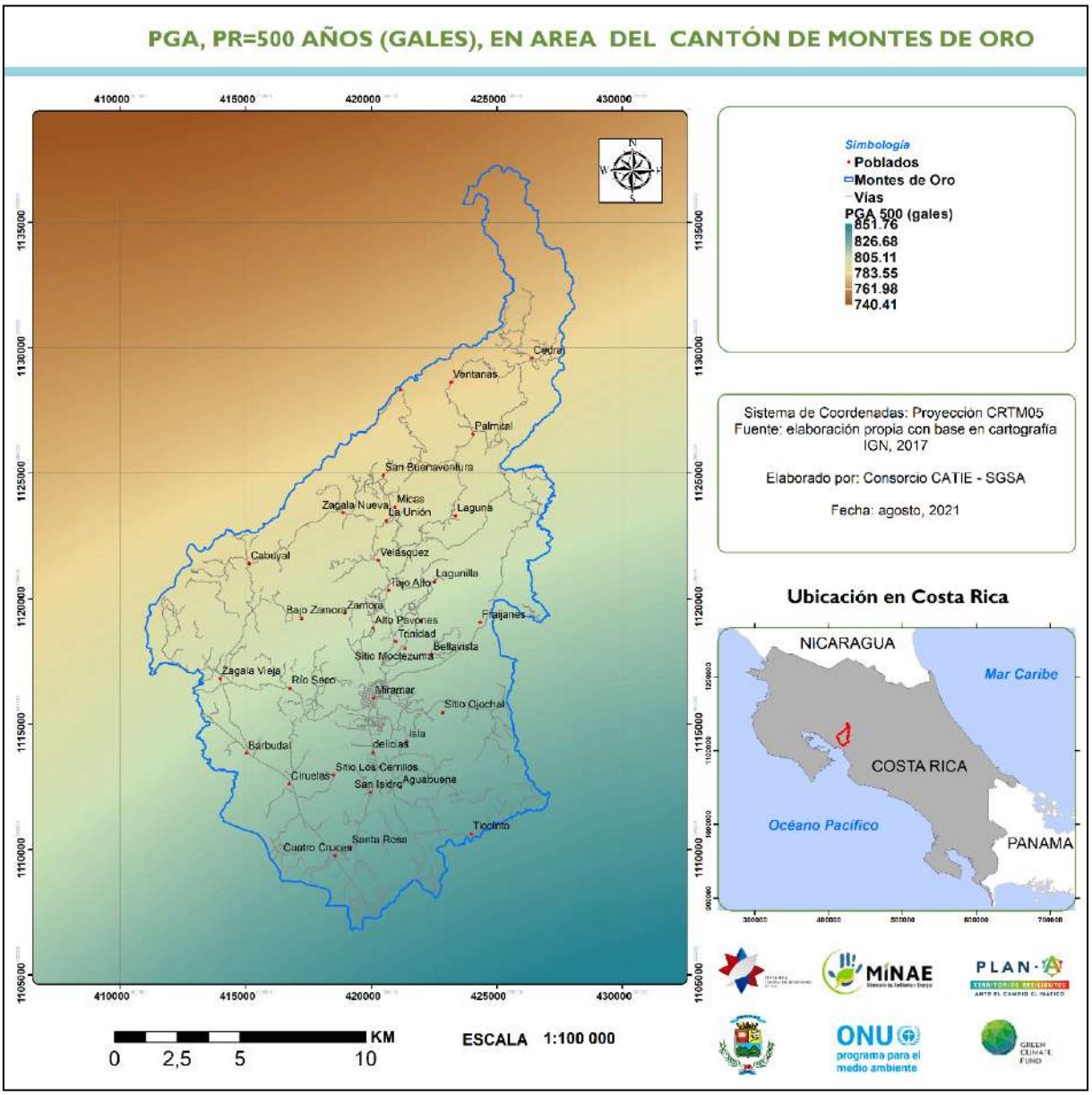

Figura A2-9. PGA en Gales, período de recurrencia de 500 años, para el área de análisis.

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)

$$Log_{10}\,\text{PGA} = -0.63 + 0.55\, I_{mm} - 0.25\, I^2_{mm} \quad (17)$$

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 A2-3.

Cuadro A2-3. 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 A2-10.

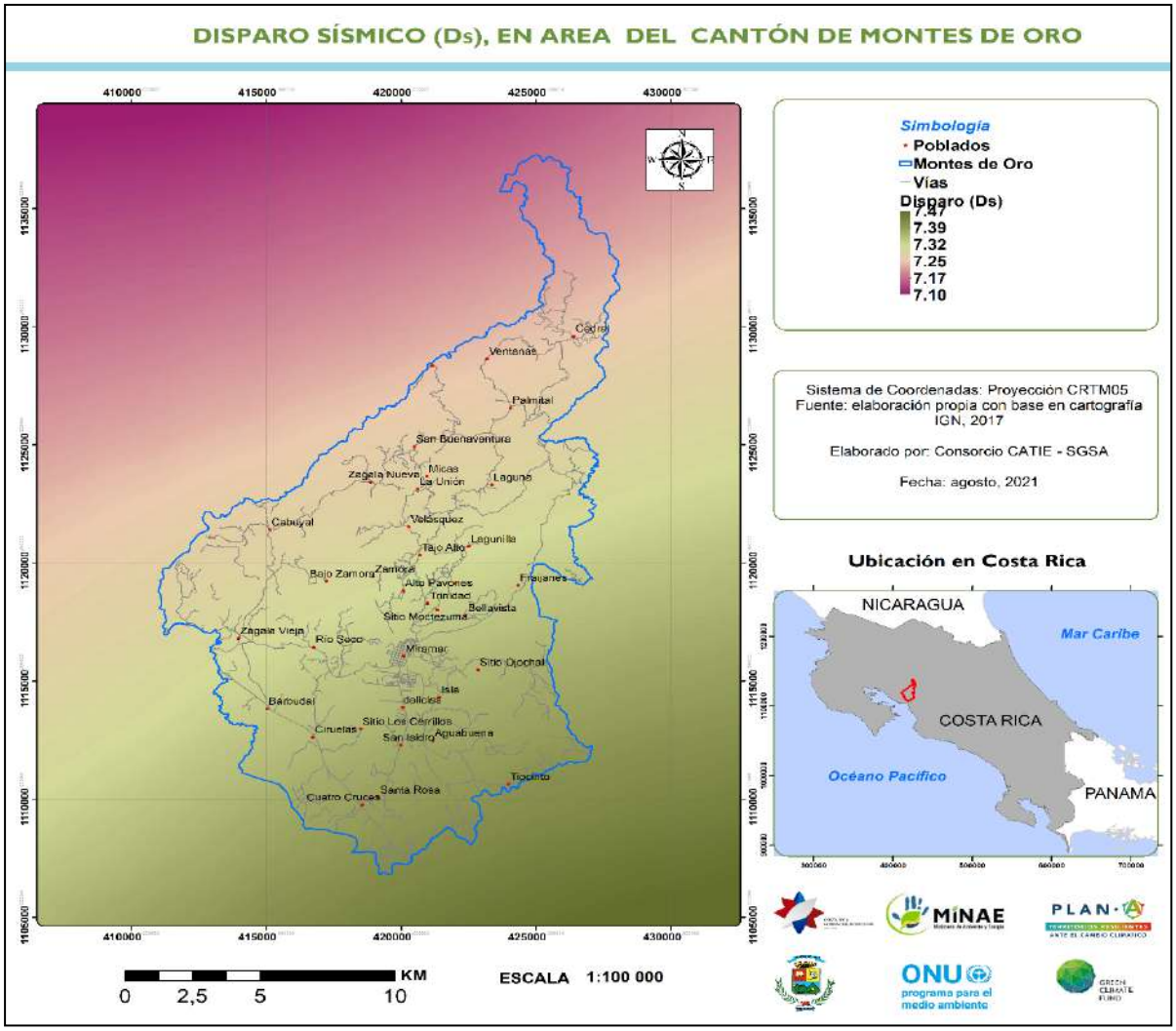

Figura A2-10. Factor de disparo por sismicidad, método Mora & Vahrson, en Montes de Oro

A.3.6 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 A2-4.

Cuadro A2-4. 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 A2-11.

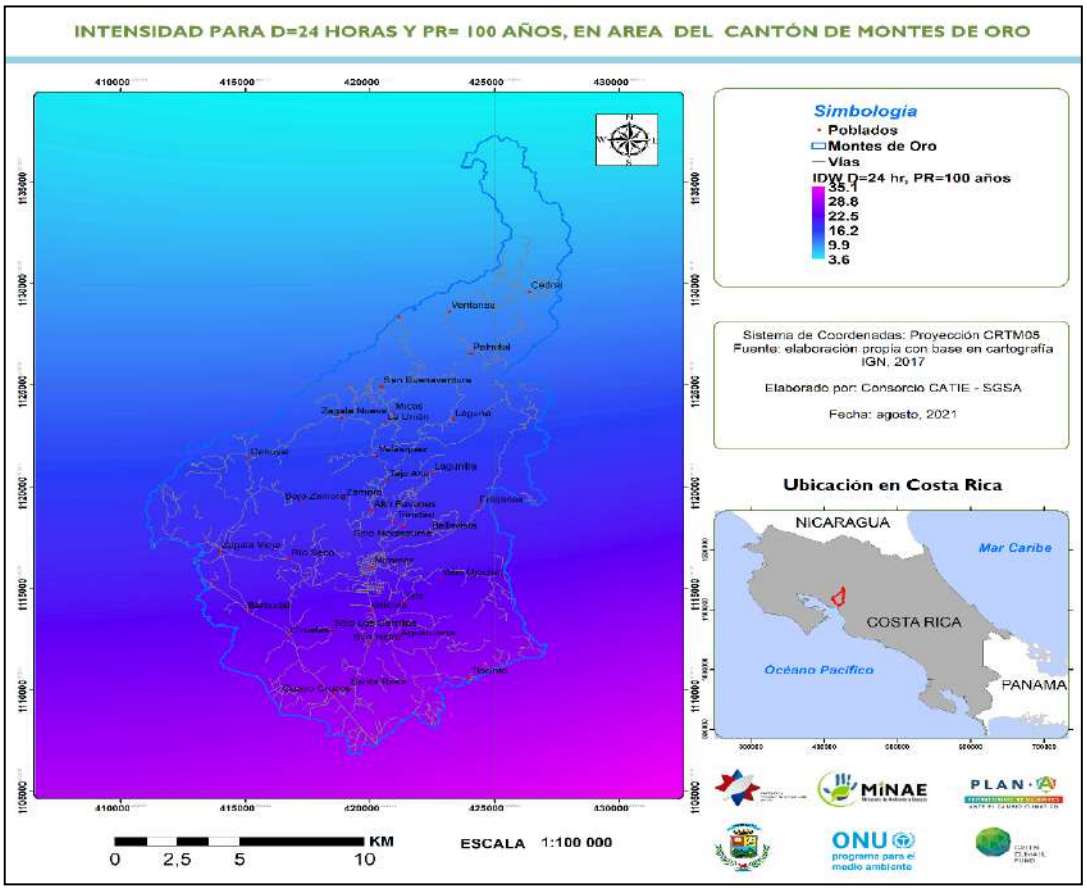

Figura A2-11. Intensidad de lluvia (Dp) para D=24 horas y PR=100 años, método Mora & Vahrson

El mapa del disparo por lluvia (Dp), se incluye en la Figura A2-12. Se observa que la mayor parte de la cuenca está expuesta a valores del parámetro de disparo derivado de la intensidad de las lluvias de 3 en la parte alta a 5 en la parte más baja, es decir, medio a muy elevado.

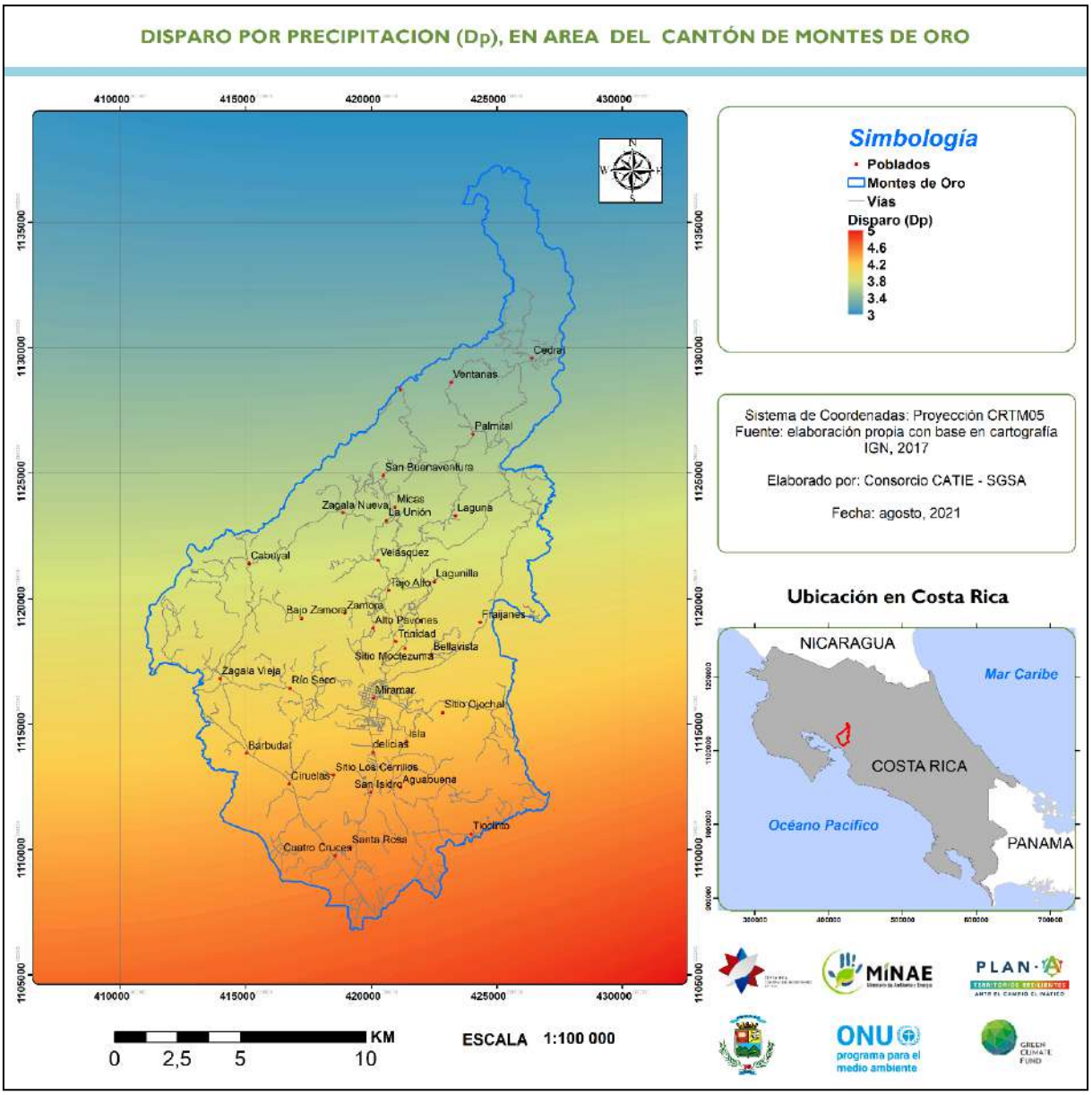

Figura A2-12. Disparo por intensidad de lluvia (Dp), método Mora & Vahrson

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 A2-13 y presenta valores de 9,18 a 12,5 con 12,3 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.

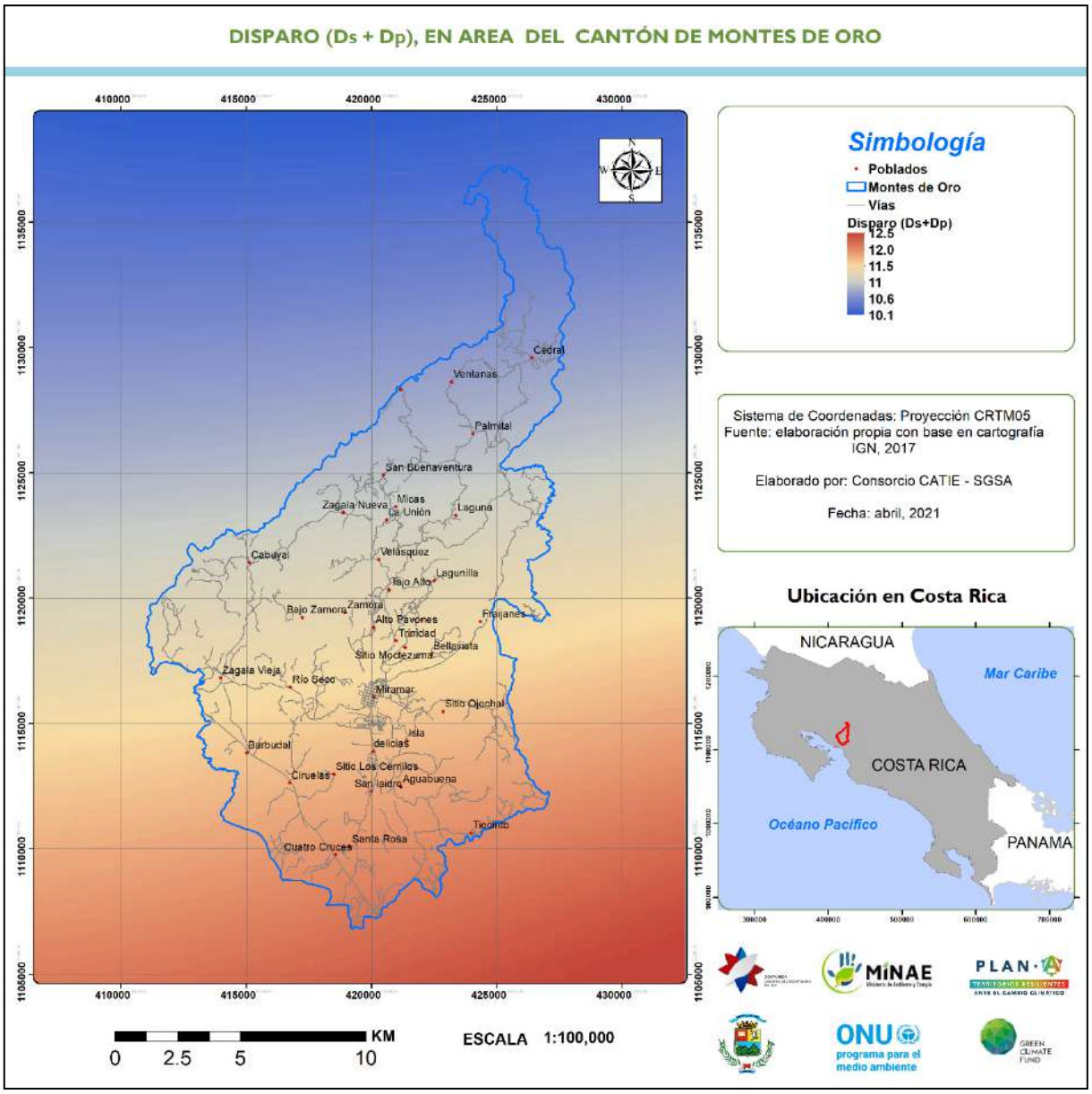

Figura A2-13. Disparo total (Ds+Dp), método Mora & Vahrson

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 A2-5 y el resultado en la Figura A2-14.

Cuadro A2-5. Reclasificación de la amenaza por deslizamientos, según el método Mora y 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.

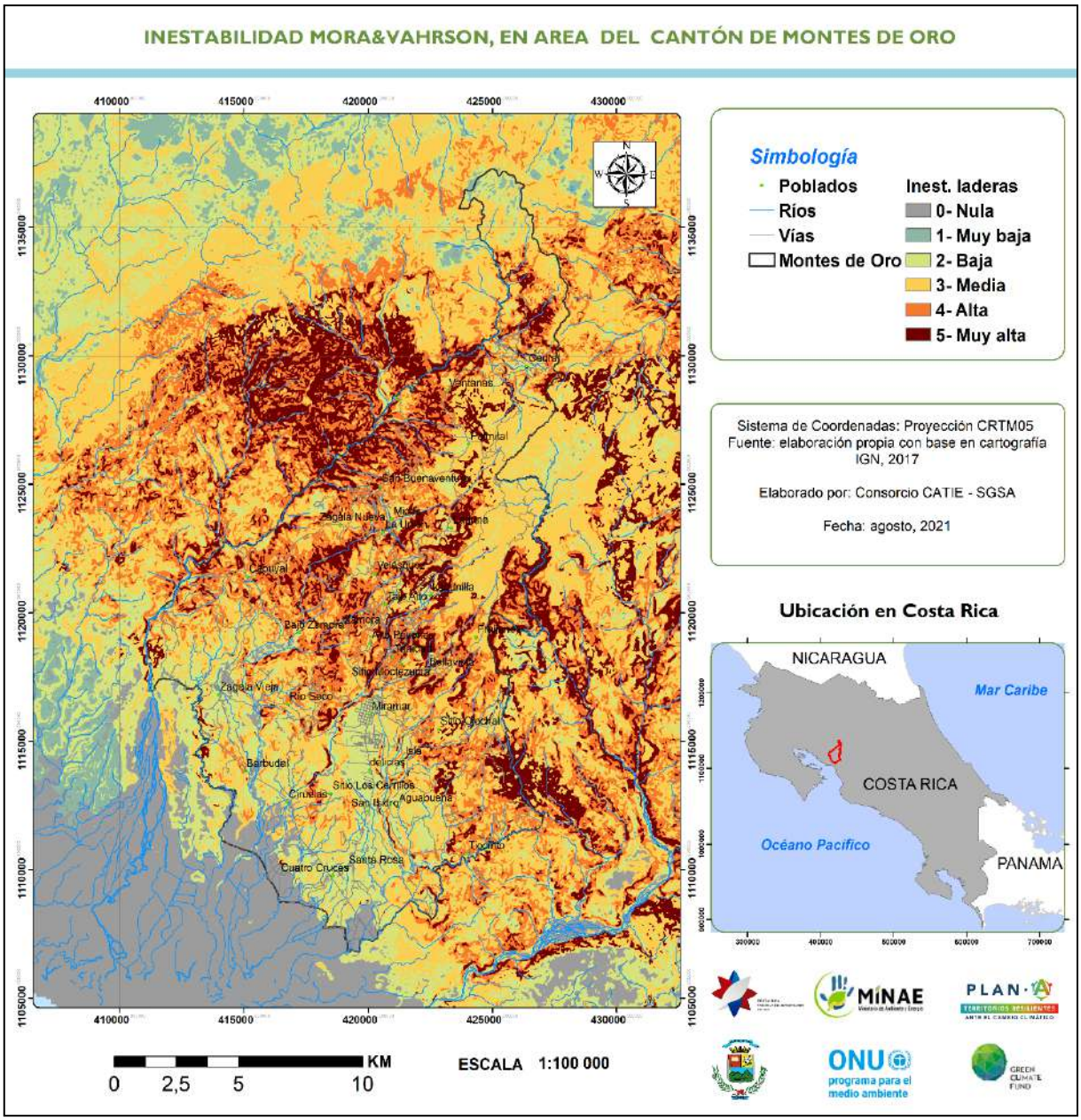

Figura A2-14. Inestabilidad de laderas, método Mora &Vahrson.

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.

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:

$$SE = R * K * LS * CP \qquad (A3\text{-}1)$$

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:

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

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 Montes de Oro, se utilizó el mapa de isoerodentas (factor R), en el territorio nacional, que fue

preparado por Vahrson (1990). En la Figura A3-1, se presenta el factor R del IMN (2010), luego de un estudio realizado por ECOTEC, en donde Saborío (2010), rescata el mapa de Vahrson (1990).

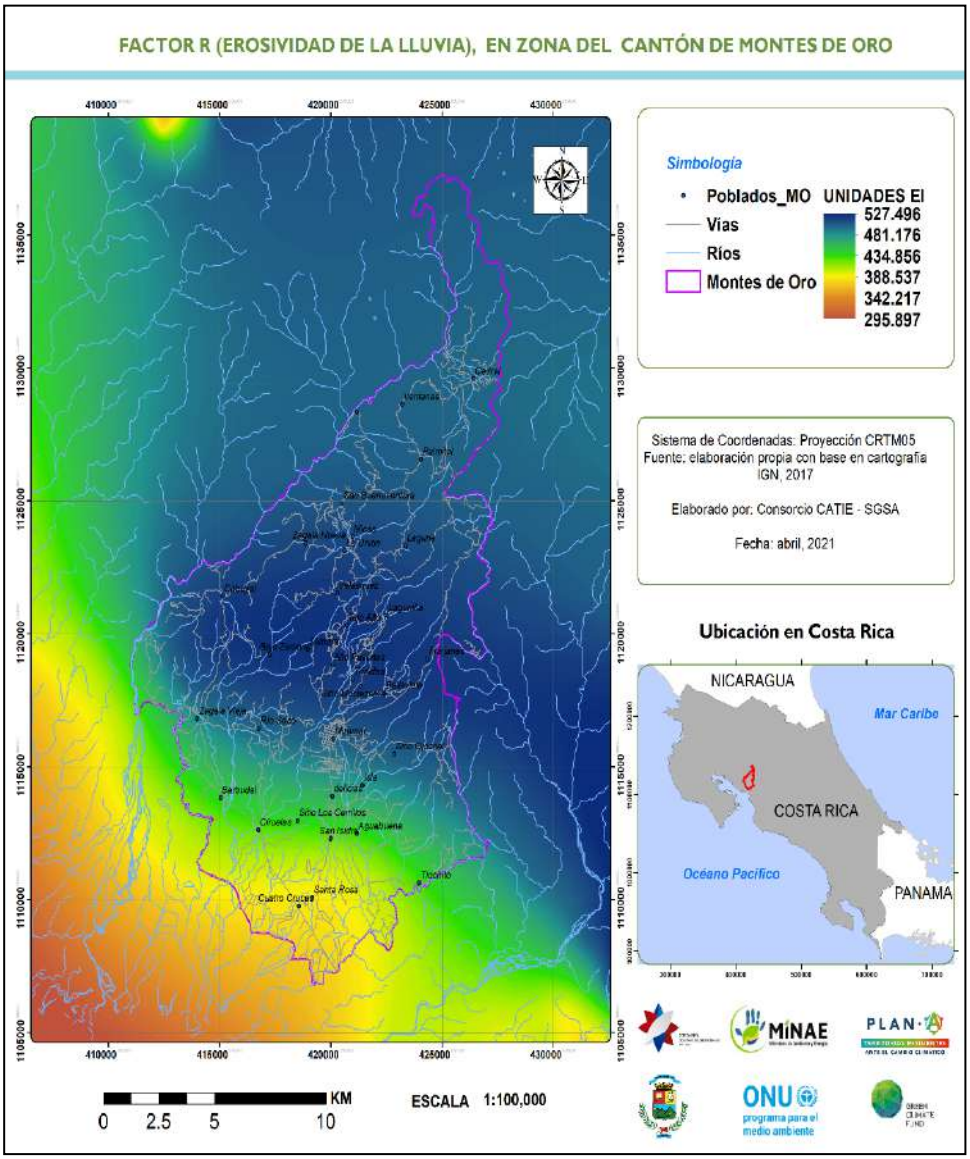

Figura A3- 1. Factor R (erosividad de la lluvia) en Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia con base en datos de Vahrson (1990).

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 MAG,1:50,000 en estudio de AyA (SGSA, 2009), para obtener la "Erodabilidad del Suelos o Factor K", en la Figura A5-2, se muestran los suelos en el área del cantón de Montes de Oro. Y en la Figura A5-3 el factor K.

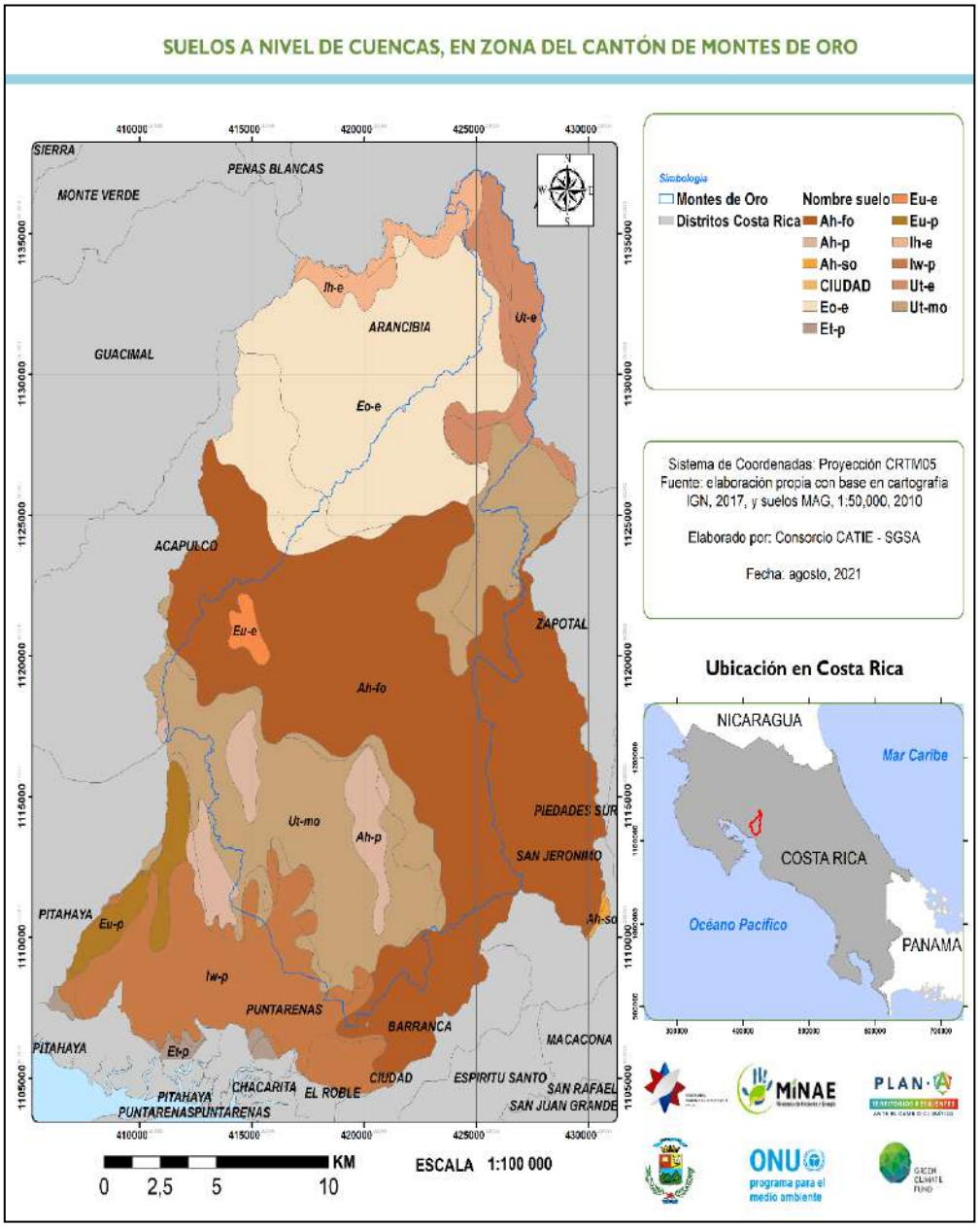

Figura A3- 2. Suelos a nivel de primer orden, área de Montes de Oro.
Fuente: AyA, 2010.

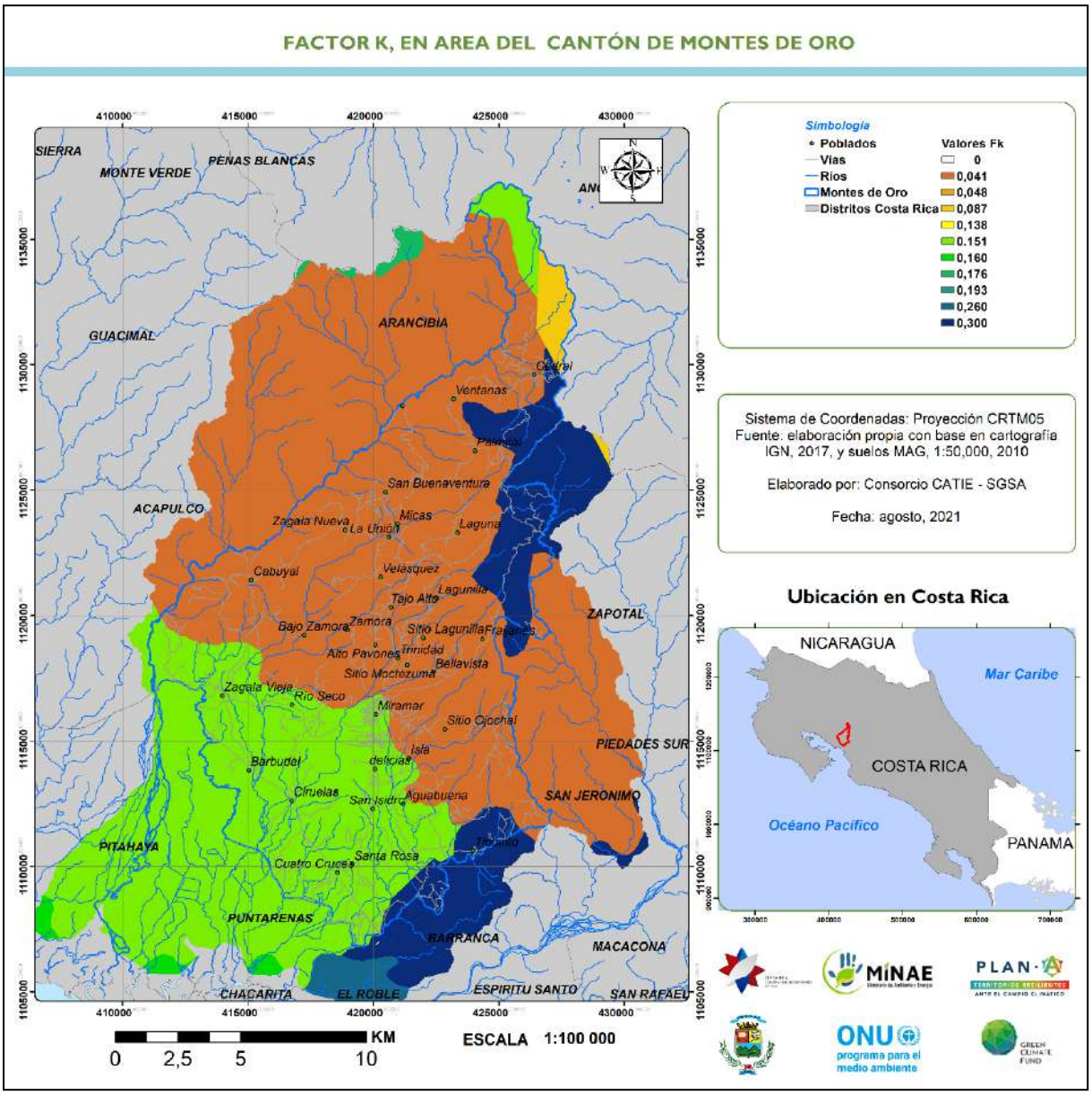

Figura **A3**-3. Factor K (erodabilidad de los suelos), área de Montes de Oro

Fuente: AyA, 2010.

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 0,041 a 0,030 para el área del cantón de Montes de Oro.

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 A5-4, 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.

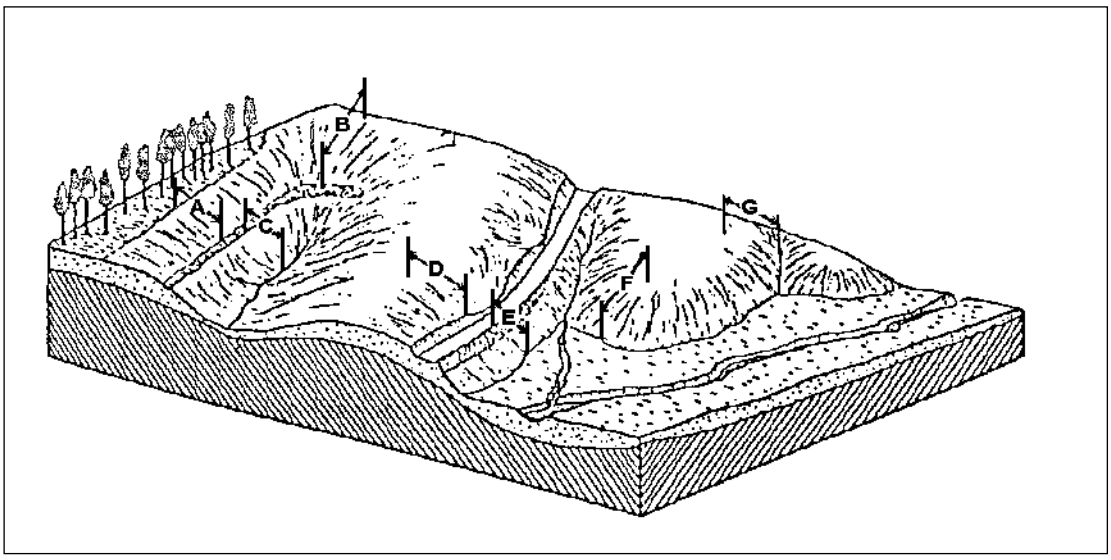

Figura A3- 4 Ilustración sobre el concepto de longitud del terreno.

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).

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

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

Donde:

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

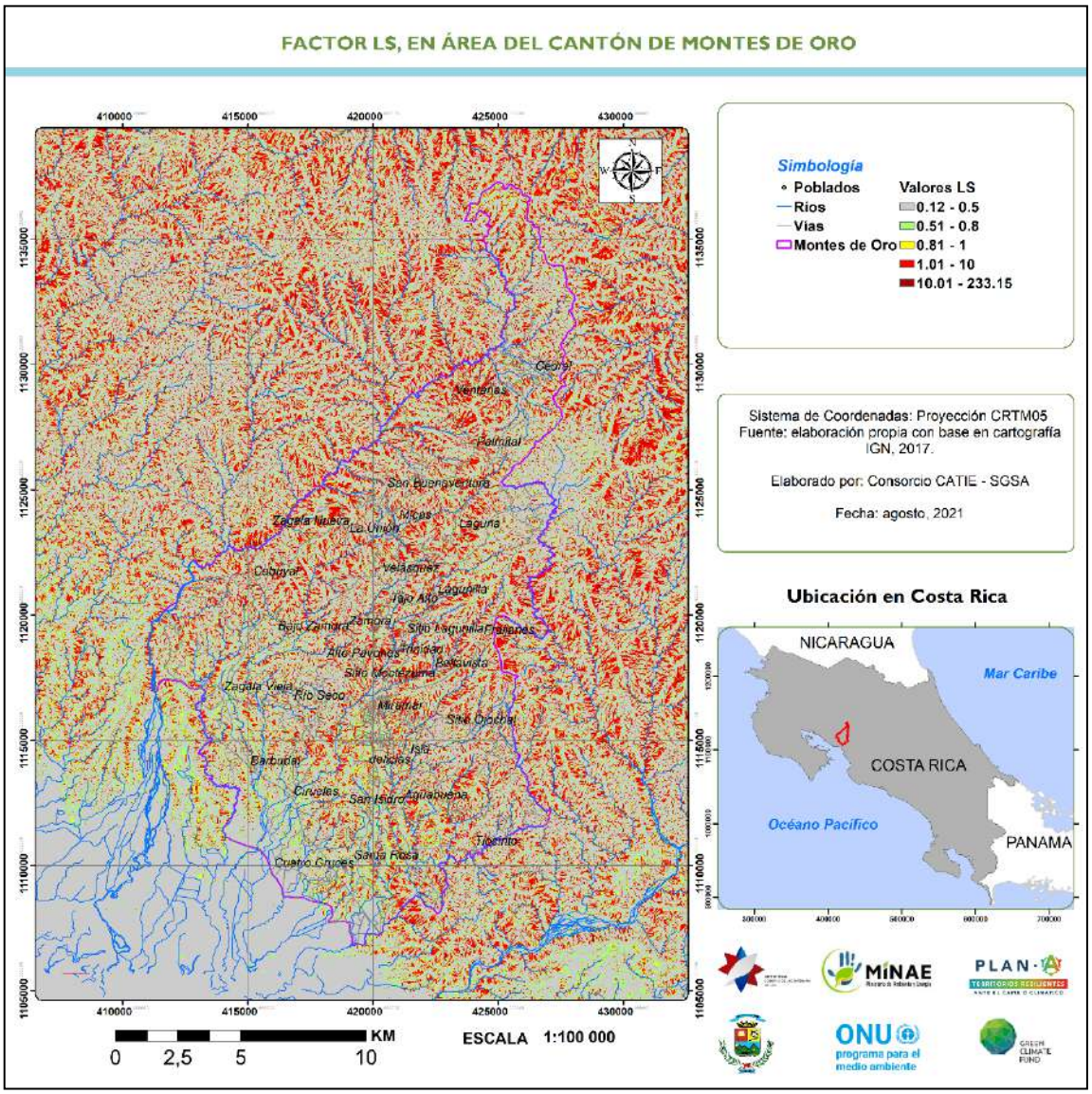

Figura A3- 5. Factor LS en el área de Montes de Oro

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	0,9
Cultivos	0,3
Charrales	0,013
Areas urbanas[14]	0,01
Lagunas y embalses, ríos	0,0

En la Figura A3-6 se ha incluido el factor C, modificado de UICN (2017). Se asignó 0,01 a áreas urbanas, y un valor 0 a 0,3 a los cultivos anuales.

[14] 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.

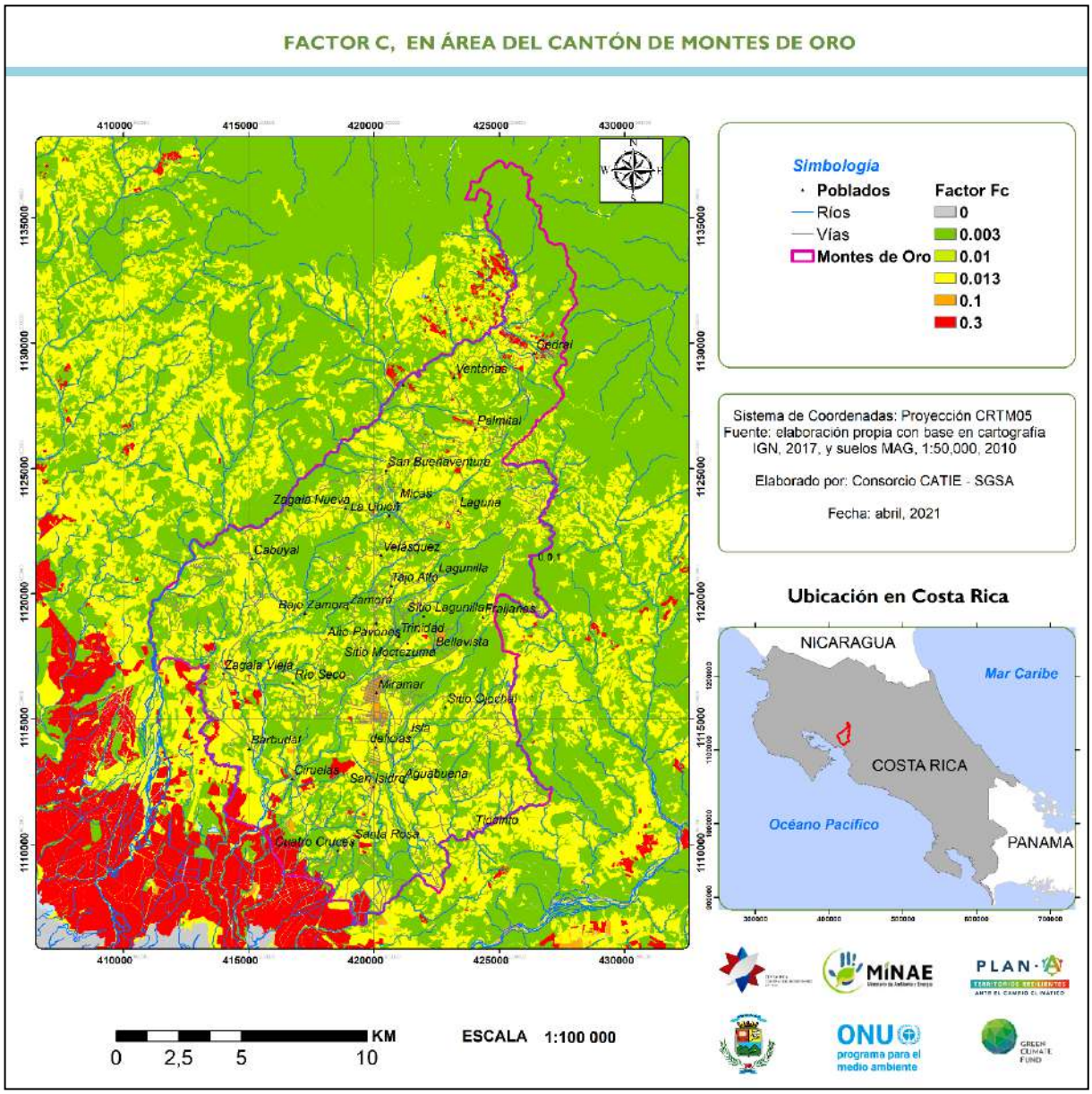

Figura A3- 6. Factor C (uso y tipo de cobertura) en el área de Montes de Oro.

A3.5 Factor de prácticas de conservación de suelos (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.

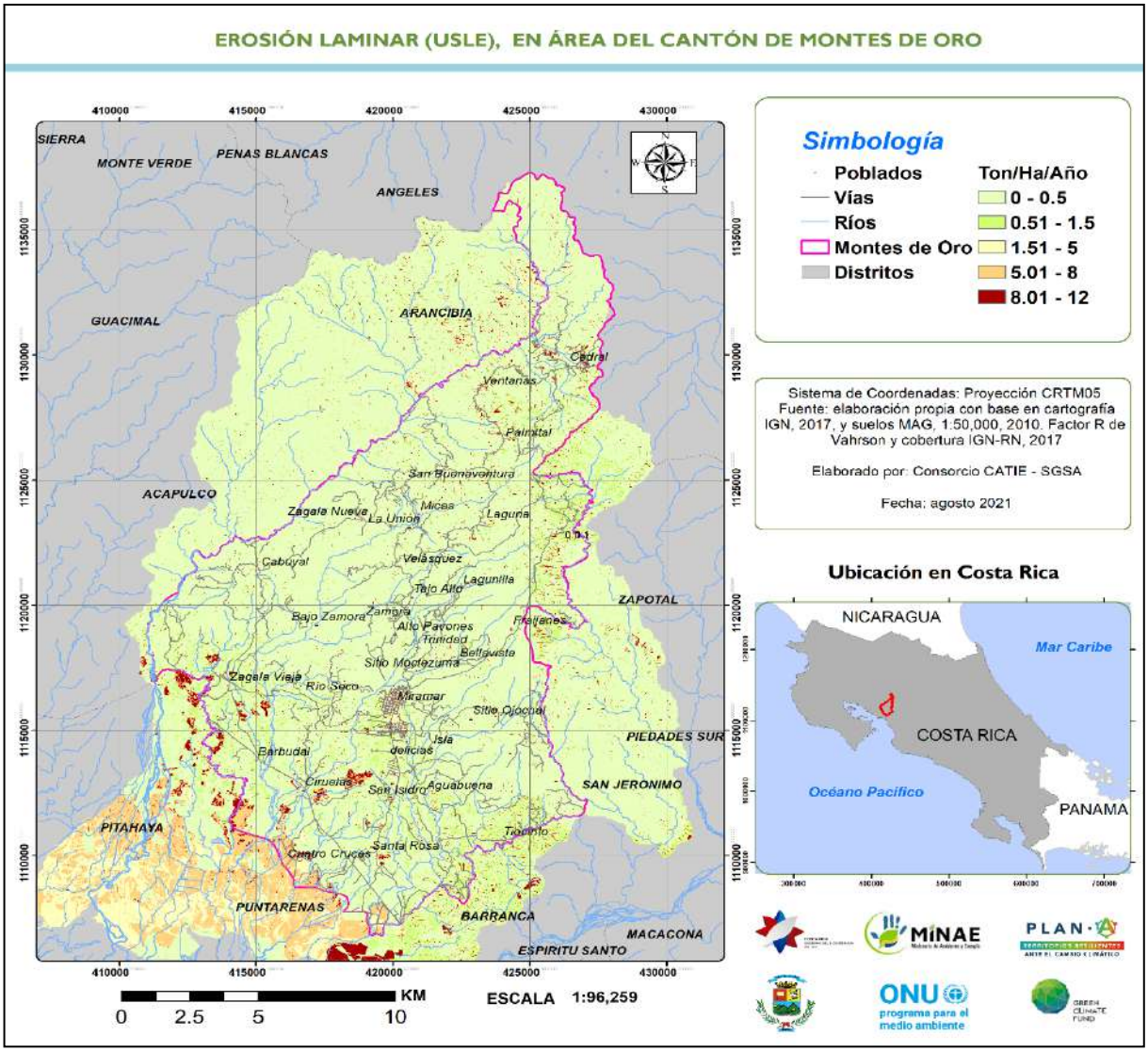

Figura A3- 7. Erosión laminar en el cantón de Montes de Oro

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

Anexo 4. Suelos, capacidad de uso de la tierra

La clasificación de la capacidad de uso de las tierras se realizó 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.

La nomenclatura de las subclases de capacidad de uso considera los índices (s, d, c). Para estudios de mayor detalle se utilizan las unidades de capacidad de uso y allí sí se detallan por subíndice de acuerdo con la descripción anterior.

Seguidamente se presenta en la Figura A4-1 las clases de capacidad de uso, en el Cuadro A4-1 las características d ellos suelos y en la Figura A4-2 las subclases de capacidad de uso de las tierras en el área de Montes de Oro.

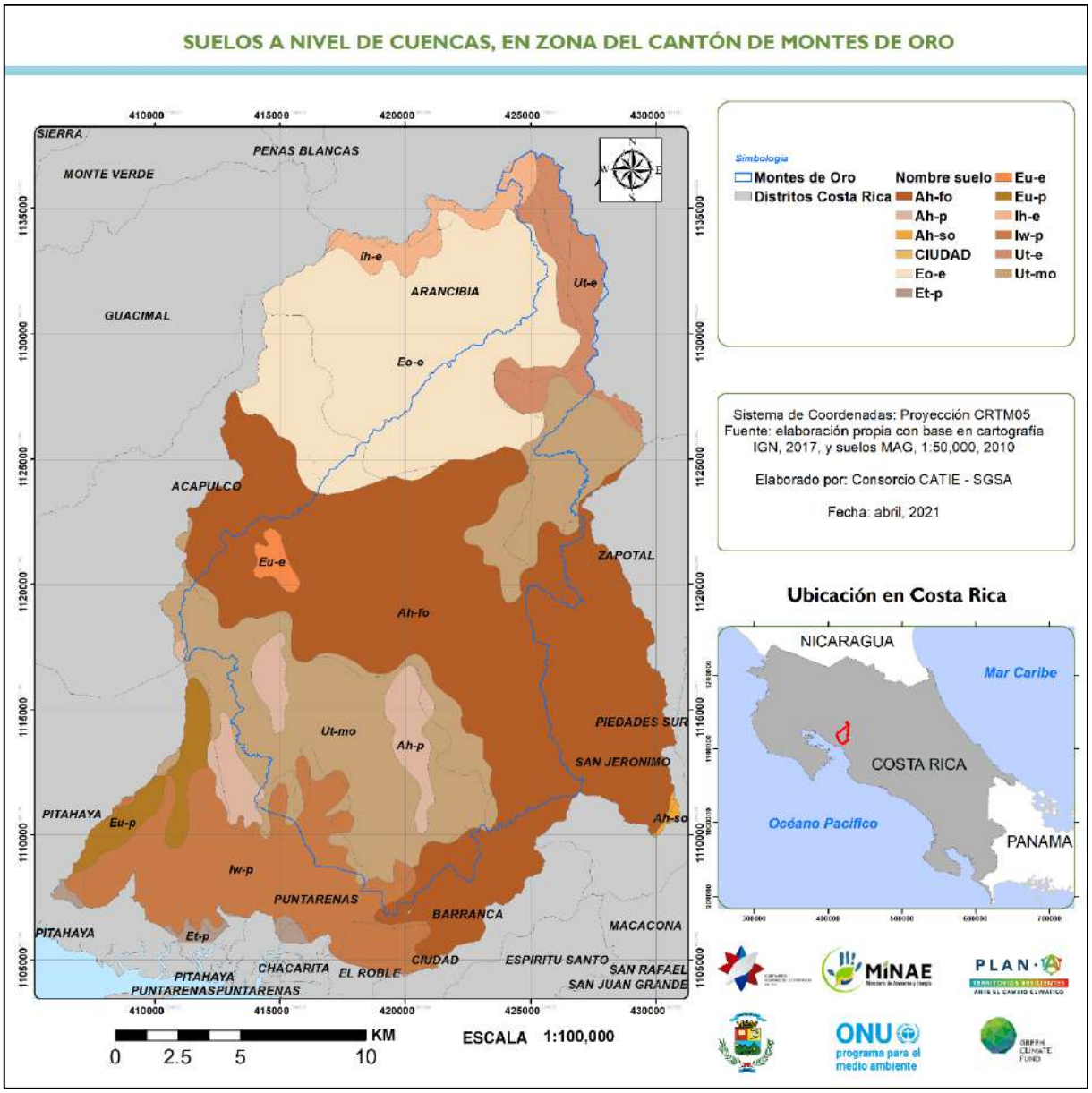

Figura A4.1. Suelos por cuenca hidrográfica en el cantón de Montes de Oro

Cuadro A4- 1. Características de los suelos

NUM	NOMBRE	ORDEN	SUBORDEN	GRAN_GRUPO	TIPO	FAMILIA	MOD	PROF	DRENAJE	FERTILIDAD	CLASE	HORIZ_A	OM	TEXTURA	SILT	CLAY	ESTRUC	Ffk
1	Ah-fo	ALFISOLES	USTALF	HAPLUSTALF	E015	Troporthent	Typic	5	1	3	VI	10.0	0.0	SL	0	0	4	0.26
2	Ah-p	ALFISOLES	USTALF	HAPLUSTALF	E005	Ustorthent	Lithic	0	1	0	VIIIs13e12	11.0	3.5	CL	42	27	3	0.15
3	Ah-so	ALFISOLES	USTALF	HAPLUSTALF	U008	Haplohumult	Typic	2	3	3	IV	21.0	8.4	C	16	42	2	0.04
4	CIUDAD	NA	NA	NA	E015	Troporthent	Typic	5	1	3	VI	10.0	0.0	SL	0	0	4	0.26
5	Eo-e	ENTISOLES	ORTHENT	TROPORTHENT	I093	Hydrandept	Typic	2	2	2	VI	13.0	10.7	L	40	12	3	0.19
6	Et-p	ENTISOLES	AQUENT	TROPAQUENT	U014	Haplustult	Typic	2	3	3	III	30.0	3.5	C	35	42	3	0.14
7	Eu-e	ENTISOLES	ORTHENT	USTORTHENT	U008	Haplohumult	Typic	2	3	3	IV	21.0	8.4	C	16	42	2	0.04
8	Eu-p	ENTISOLES	ORTHENT	USTORTHENT	E005	Ustorthent	Lithic	0	1	0	VIIIs13e12	11.0	3.5	CL	42	27	3	0.15
9	Ih-e	INCEPTISOLES	ANDEPT	HYDRANDEPT	I093	Hydrandept	Typic	2	2	2	VI	13.0	10.7	L	40	12	3	0.19
10	Iw-p	INCEPTISOLES	TROPEPT	USTROPEPT	E005	Ustorthent	Lithic	0	1	0	VIIIs13e12	11.0	3.5	CL	42	27	3	0.15
11	Ut-e	ULTISOLES	HUMULT	TROPOHUMULT	E017	Quartzipsamment	Typic	2	3	3	VIII	0.0	0.0		0	0	3	0.16
12	Ut-mo	ULTISOLES	HUMULT	TROPOHUMULT	U008	Haplohumult	Typic	2	3	3	IV	21.0	8.4	C	16	42	2	0.04

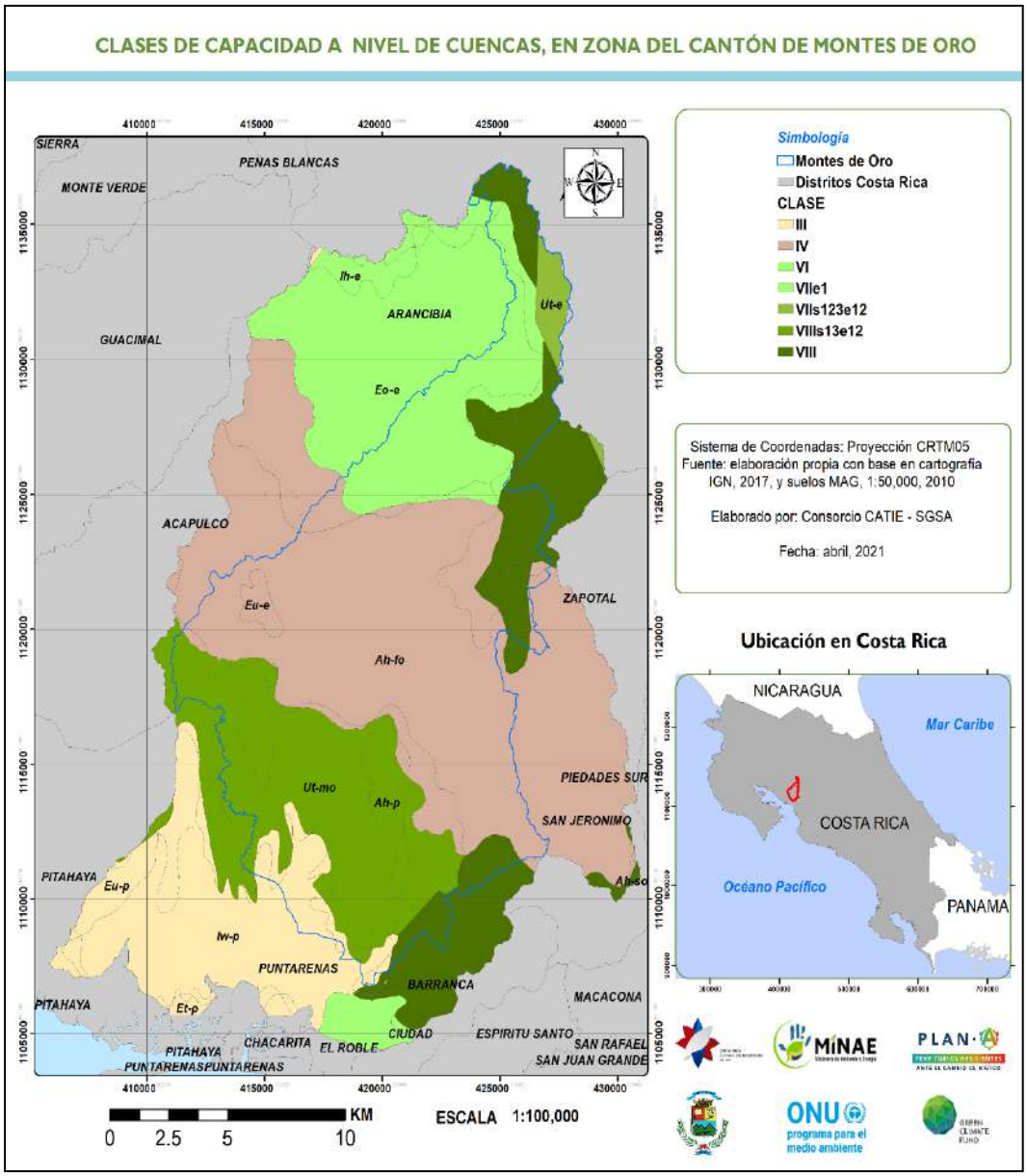

Figura A4.2. Capacidad de los suelos por cuenca hidrográfica en el cantón de Montes de Oro

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 Montes de Oro 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.

Para elaborar el mapa del área que comprende el cantón de Montes de Oro y las cuencas hidrográficas se sigue la fotointerpretación de la Ortofoto, del IGN-RN, 2017, produciéndose el uso de la tierra, que se muestra en la Figura A4-3.

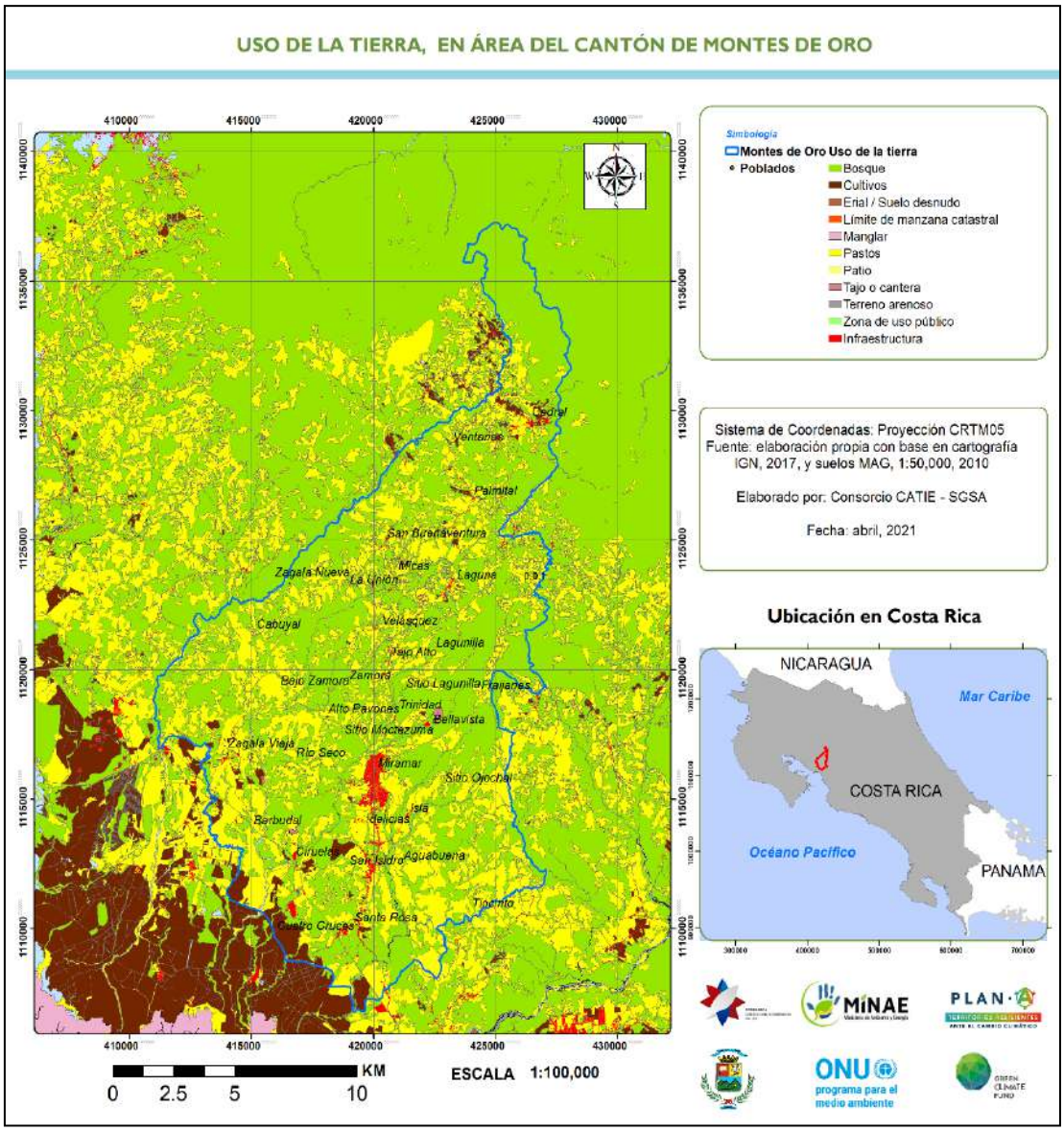

Figura A4. 3. Uso de la tierra en el área del cantón de Montes de Oro.
Fuente: Elaboración propia, con mapas e información Orthofoto, 2017.

En el Cuadro A4-2 se resumen las áreas de las categorías de uso de la tierra, a nivel de las cuencas y en el Cuadro A4-3 a nivel de cantón. Y en la Figura A4-4 a nivel del área del cantón, se tiene identificado como uso urbano un 0,74%, en cultivos un 2,8 %, como bosque un 54,8%, como pastos un 41,3%, 0,26% para suelos desnudos y un 0,04 para manglar. Esto es, la mayor intervención en el cantón es a nivel de pastos.

Cuadro A4- 2. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en la cuenca de Montes de Oro.

Categoría	Área (Km^2)	Porcentaje
Áreas urbanas	2.49	0.52%
Bosque	248.72	51.35%
Cultivos	54.16	11.18%
Manglar	3.45	0.71%
Pastos	174.05	35.93%
Erial / Suelo desnudo	1.48	0.31%
Total	**484.36**	**100.00%**

Cuadro A4- 3. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón de Montes de Oro

Categoría	Área (Km^2)	Porcentaje
Áreas urbanas	1.84	0.74%
Bosque	136.04	54.83%
Cultivos	6.94	2.80%
Manglar	0.11	0.04%
Pastos	102.54	41.33%
Erial / Suelo desnudo	0.66	0.26%
Total	**248.12**	**100.00%**

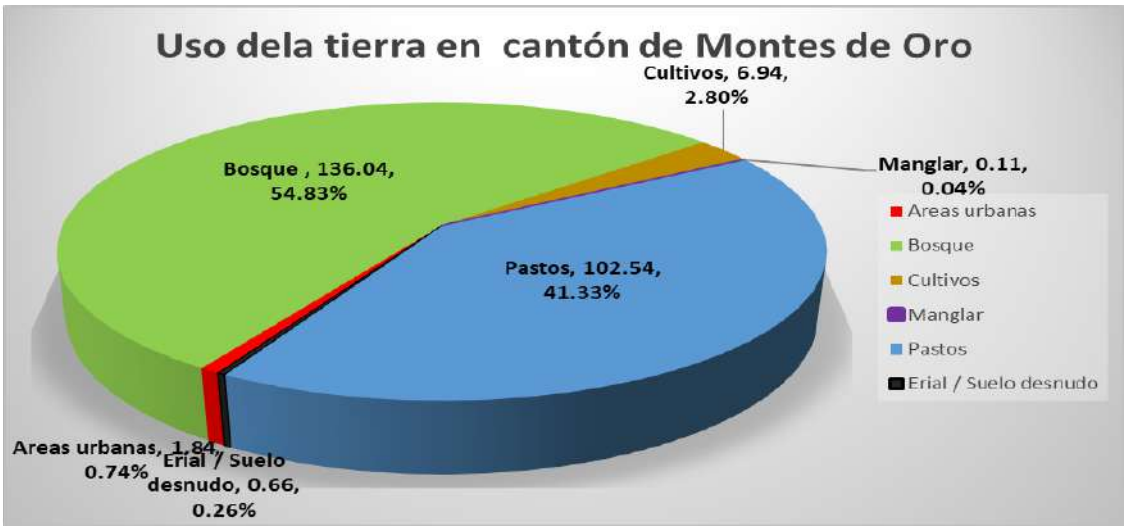

Figura A4. 4. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Montes de Oro
Fuente: Elaboración propia

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 N° 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 y que se ha incluido en forma modificada en la realización de Planes Reguladores a través de la metodología de los IFAs. Diversos estudios de la CNE también solicitan su aplicación, pero su aplicación se ha visto disminuida.

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 A4-4, se pueden obtener las divergencias en términos de uso apropiado, sobreuso, y subuso, con variaciones. En este análisis, lo natural, es decir, lo relacionado al agua y el bosque, prevalecen como apropiados, con una condición similar para el uso urbano; en este caso, aunque se podría reordenar el territorio, prevalece por lo difícil de esta tarea, salvo en caso de áreas de protección y de áreas con vocación forestal.

Cuadro A4. 4. 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 incluye en la Figura A4-5 y el resumen de áreas en el Cuadro A4-5.

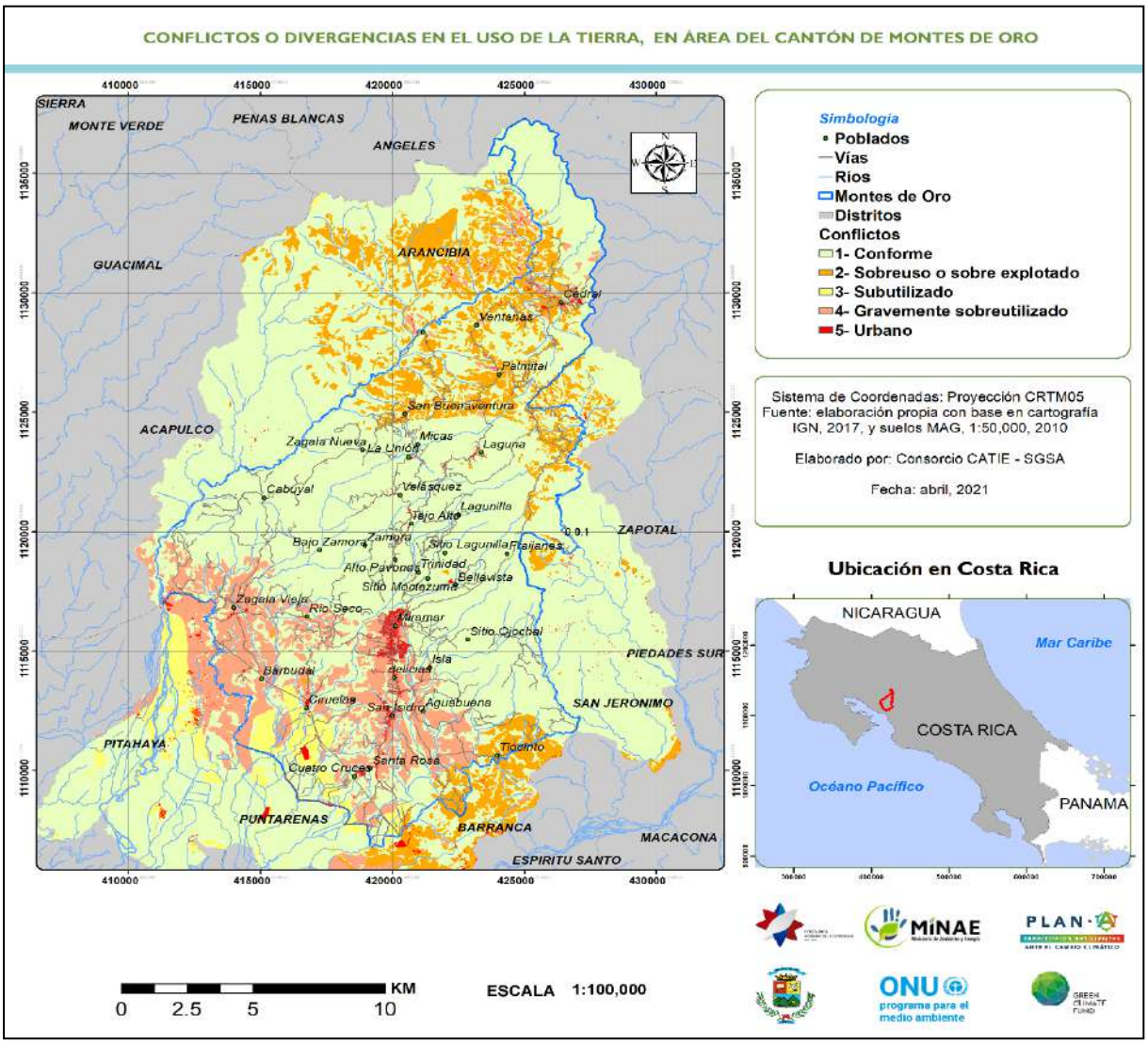

Figura A4. 5. Divergencias del uso de la tierra en la cuenca del río Grande de Térraba
Fuente: Elaboración propia con base en mapas del uso y de capacidad de la tierra

Dado que el análisis se realiza a nivel de archivos ráster con píxel de 5 metros, hay una pequeña diferencia despreciable en el cálculo de las áreas. Por otra parte, no se contó con una pequeña área en la parte baja de las cuencas. Aun así, el análisis de conflictos muestra que un 20,9% aproximadamente 100 Km^2 están es condición de sobreexplotado y gravemente sobreexplotado; con un74.6% equivalente a 356 Km^2 en una condición conforme, y un 4% o 18 Km^2 subutilizados. En la Figura A4-6 se presentan las áreas y sus porcentajes, para el área de las subcuencas que engloban el cantón de Montes de Oro.

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- 5. Áreas y porcentajes de las divergencias del uso de la tierra.

Categoría	Área (Km^2)	Porcentaje
Conforme	355.95	74.60%
Sobreuso o sobre explotado	54.55	11.43%
Subutilizado	18.94	3.97%
Gravemente sobreexplotado	45.18	9.47%
Urbano	2.49	0.52%
Total	477.11	100.00%

Figura A4. 6. Conflictos del uso en área del cantón de Montes de Oro.

Anexo 5. Análisis de exposición en el cantón de Montes de Oro

En este anexo, se presenta el análisis de la exposición ante amenazas climáticas y antrópicas en el cantón de Montes de Oro. 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.

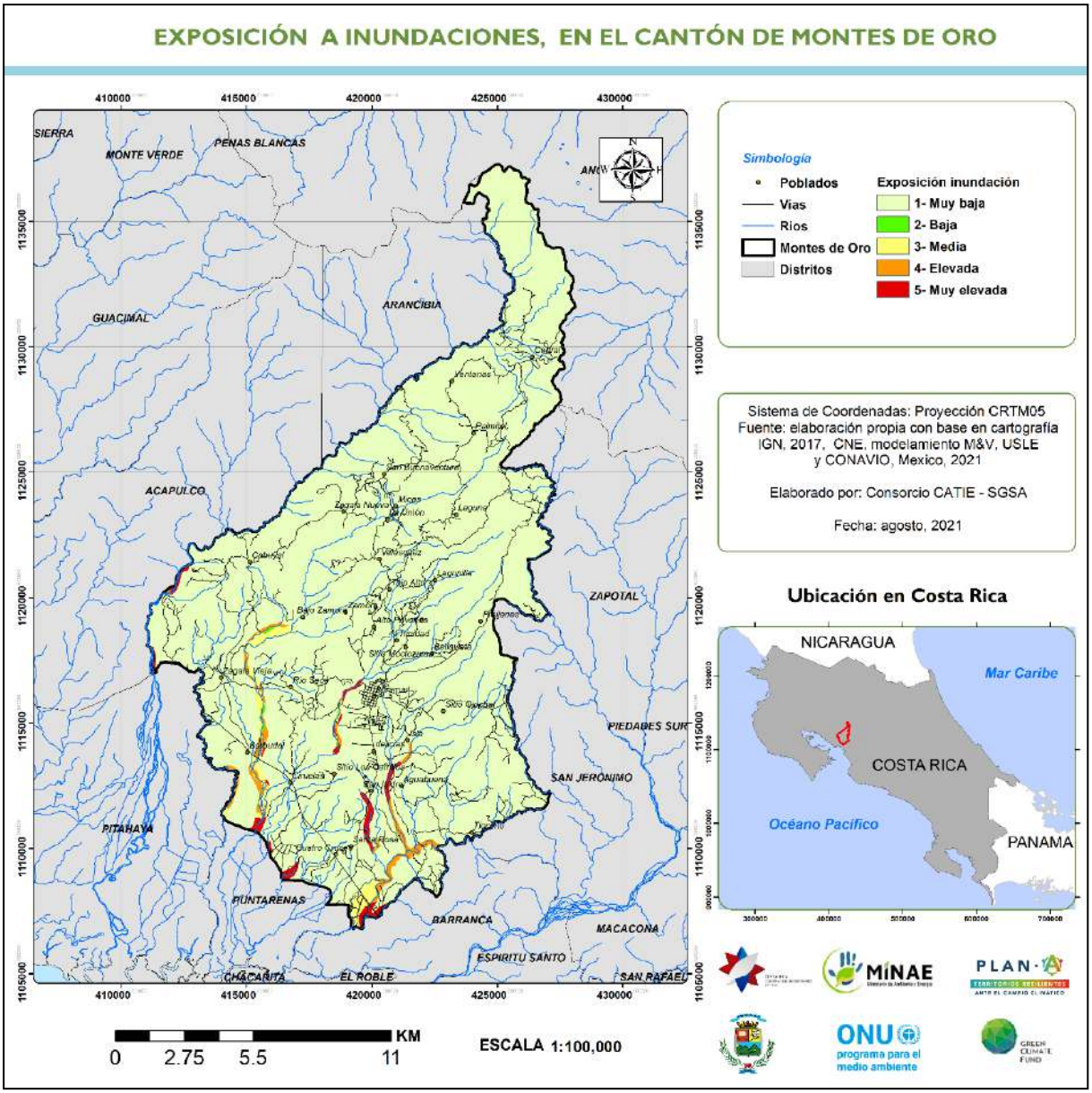

Figura A5.1 Exposición a las inundaciones de la CNE, en el cantón de Montes de Oro

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

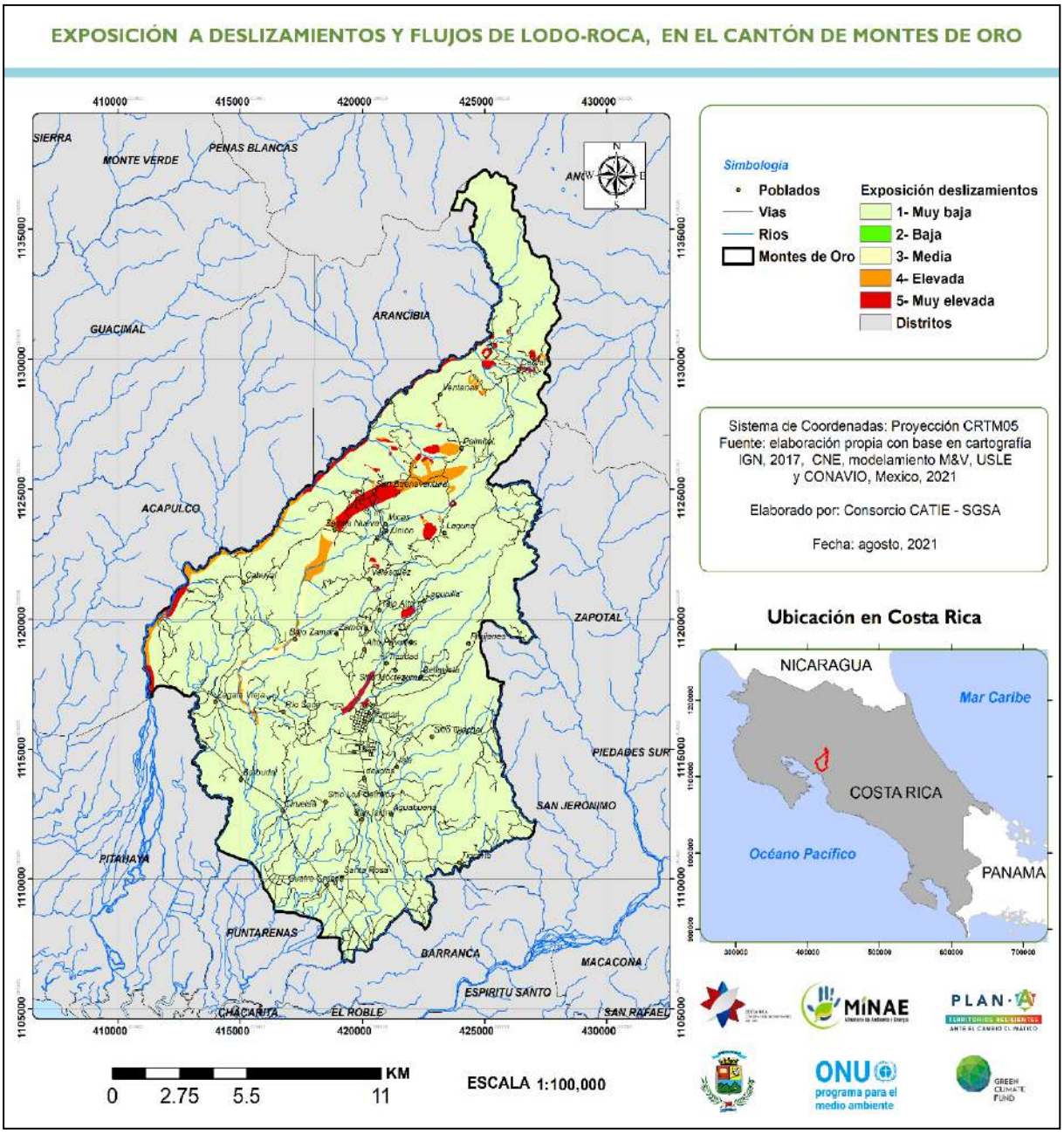

Figura A5.2 Exposición a la inestabilidad de laderas de la CNE, en Montes de Oro.

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 & Vahrson, producen la Figura A5-3, que muestra las áreas de la inestabilidad de laderas potencial clasificadas por niveles de vulnerabilidad.

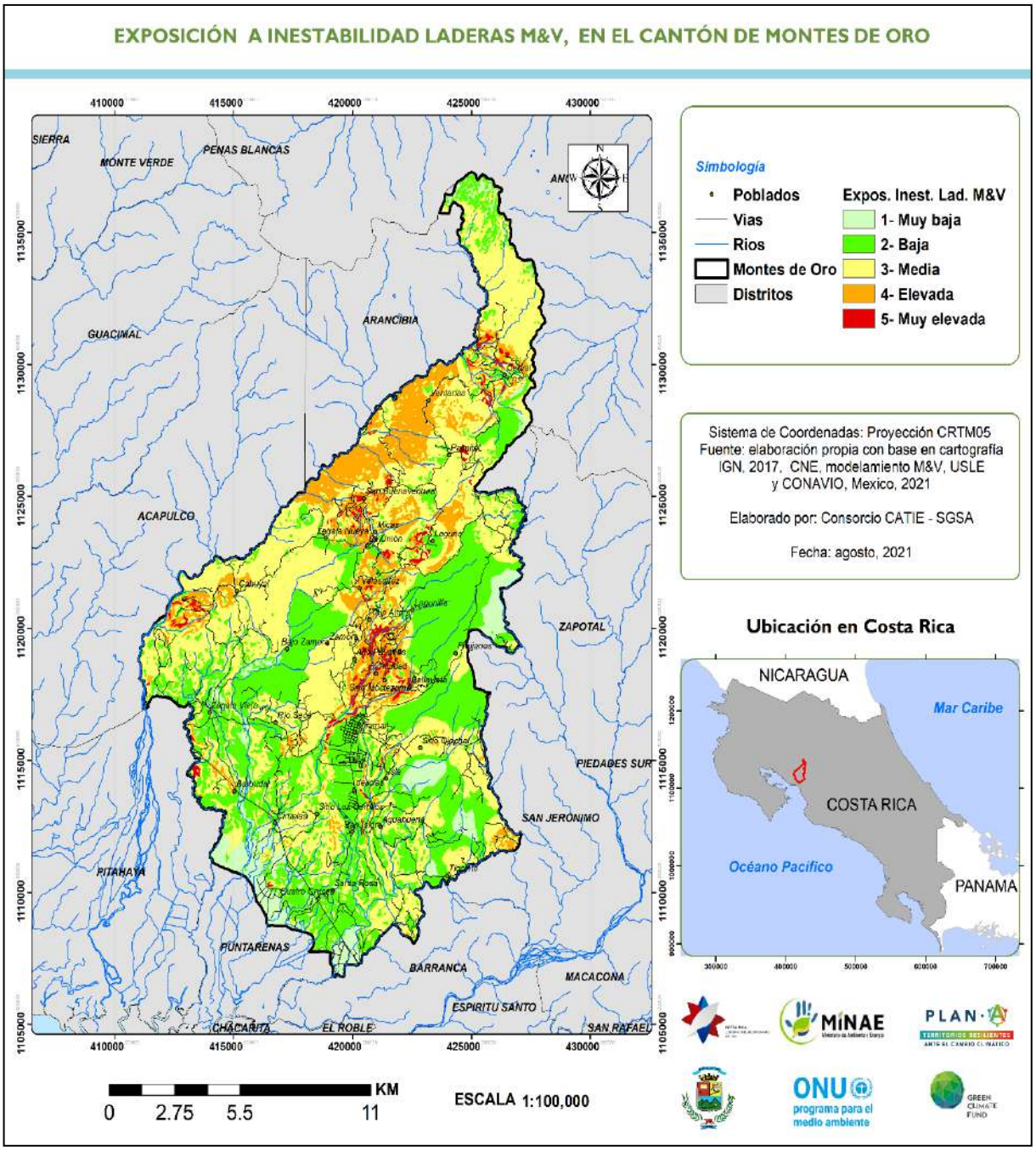

Figura A5.3 Exposición a la inestabilidad de laderas Mora & Vahrson, en Montes de Oro

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.

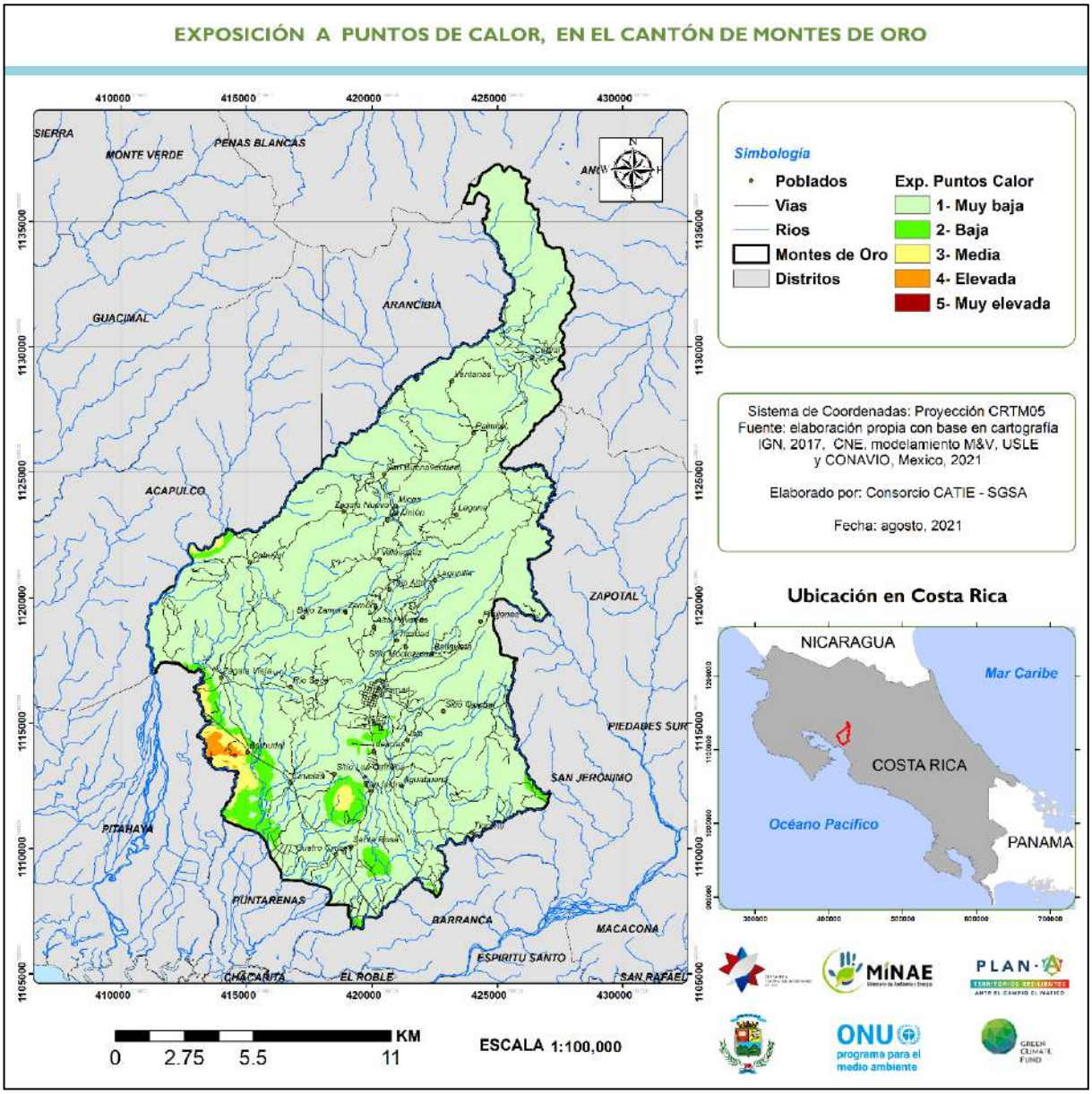

Figura A5.4 Exposición a la densidad de puntos de calor, en Montes de Oro.

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.

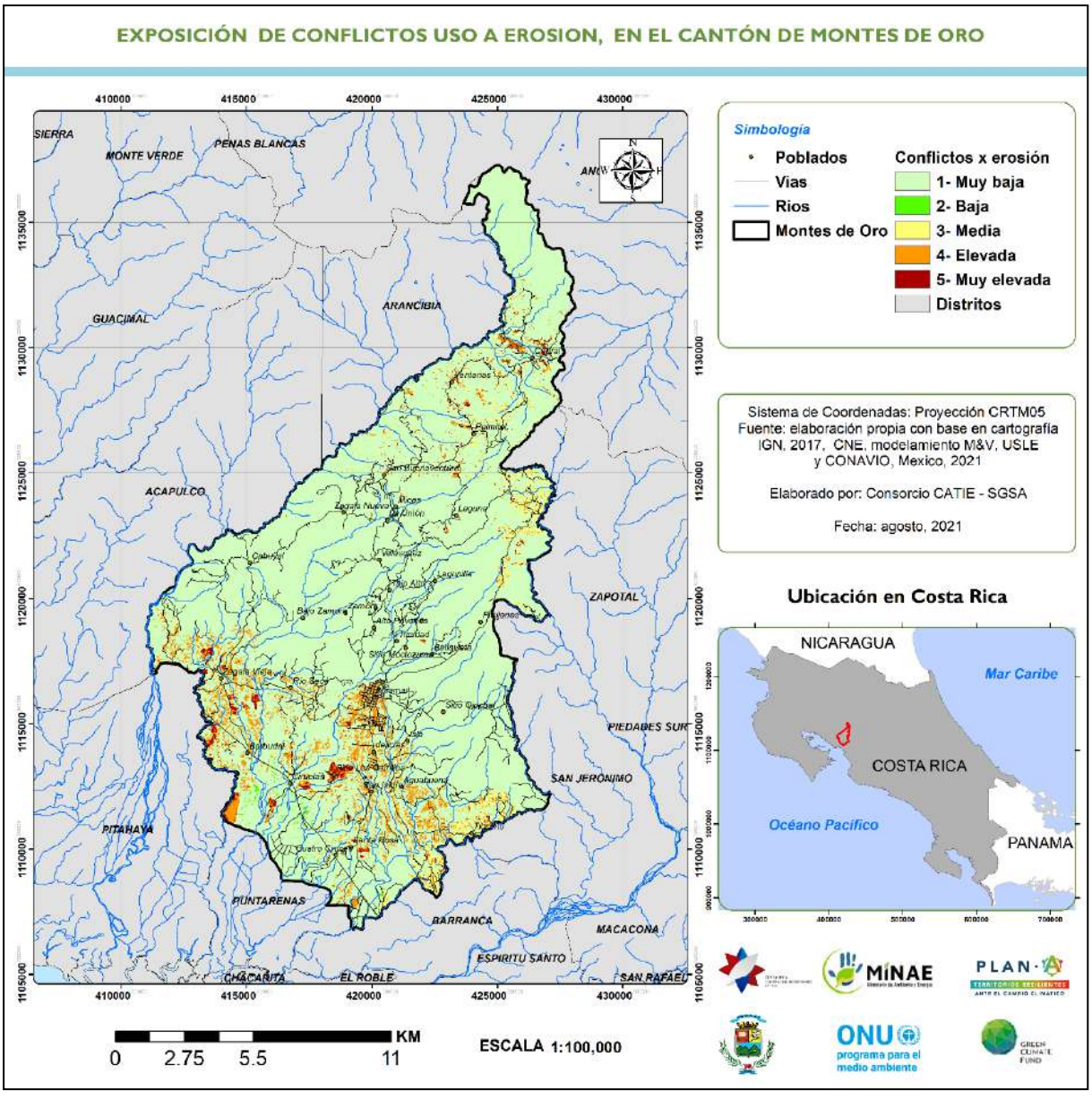

Figura A5.5 Exposición la erosión laminar respecto a áreas de conflictos de uso de la tierra, en Montes de Oro