

Producto N° 4 Diagnóstico del cantón de Buenos Aires, perfil local, perfil climático y oportunidades



El presente documento fue elaborado para la Municipalidad de Buenos Aires 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 Viquez, 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 4. Diagnóstico del cantón de Buenos Aires, perfil local, perfil climático y oportunidades

Asesoría y revisión técnica:

Jorge Morales Black, Equipo técnico Municipalidad de Buenos Aires
Claudia Duarte Blanco, Equipo técnico Municipalidad de Buenos Aires
Fernando Villanueva Beita, Equipo técnico Municipalidad de Buenos Aires
Freddy Jiménez Torres, Equipo técnico Municipalidad de Buenos Aires
Limsay Acuña López, Equipo técnico Municipalidad de Buenos Aires
Yanina Vargas Villanueva, Regidora Suplente Municipalidad de Buenos Aires
Julián Lizano Quirós, Regidor Suplente Municipalidad de Buenos Aires
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), Fundecooperación para el Desarrollo Sostenible, así como de la Alcaldía y el Concejo Municipal de Buenos Aires. 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 Comunes}
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
AyA (ICAA)	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
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
CCCI	Consejo Cantonal de Coordinación Interinstitucional
CGA	Calentamiento Global Antropogénico
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
GRD	Gestión del Riesgo de Desastres
GIZ	Cooperación alemana para el desarrollo
GWP	Global Water Partnership
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
ICT	Instituto Costarricense de Turismo
IDFV	Intensidad, duración, frecuencia y volumen de las lluvias.
IMAS	Instituto Mixto de Ayuda Social
INA	Instituto Nacional de Aprendizaje
INDER	Instituto de Desarrollo Rural, antes IDA
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
MEP	Ministerio de Educación Pública
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MIVAH	Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes
MS	Ministerio de Salud
NA	No aplica
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONG	Organizaciones No Gubernamentales

PSA	Programa de Servicios Ambientales
PNACC	Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático
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
VC	Variabilidad Climática

TABLA DE CONTENIDO

1. Generalidades.....	10
1.1 Introducción.....	10
1.2. Antecedentes respecto a territorios resilientes.....	11
1.3. Alcance de la consultoría	12
1.4. Objetivos.....	13
2. Metodología	13
2.1 Perfil Climático.....	13
2.1.1 Revisión de la información	14
2.1.3 Condiciones de exposición / vulnerabilidad.....	15
2.1.4 Condiciones de impacto riesgo	16
2.1.5. Formulación del modelo alternativo.....	16
2.2 Explicación de la metodología	19
2.2.1. Índice de exposición	19
2.2.2 Índice de Vulnerabilidad (IV)	19
2.2.3 Amenaza integrada.....	19
2.2.4 Uso de la tierra	20
2.2.5 Capacidad de uso de los suelos y divergencias	20
2.2.6 Áreas impactadas	20
2.2.7 Priorización por microcuenca, subcuenca y por ASP, incluyendo RI.....	20
2.2.8 Escenarios P10 y P90, y forma de utilizarlos	21
2.2.9 Oportunidades y debilidades por la VC y el CGA.....	22
2.2.10 Similitudes y diferencia de enfoques respecto al estudio (UCR, 2021).....	22
3. Perfil local.....	24
3.1 Localización geográfica del cantón de Buenos Aires.....	24
3.2 Cuencas hidrográficas en cantones de Buenos Aires y Osa	25
3.3. Climatología - variables climáticas	26
3.3.1 Precipitación promedio anuales	27
3.3.2 Temperatura.....	29
3.3.3 Humedad relativa	30
3.3.4 Evaporación	32
3.3.5 Velocidad y dirección del viento.....	33
3.3.6 Erosividad de la lluvia en el cantón de Buenos Aires.....	35
3.4 Eventos de El Niño y La Niña.....	38
3.5. Zonas de vida de Holdridge	38
3.6 Uso de la tierra.....	40
4. Características socioeconómicas del cantón de Buenos Aires.....	42
5. Síntesis de los instrumentos vigentes para la planificación del cantón	47
6. Perfil climático	51
6.1 Síntesis de amenazas e impactos climáticos que afectan o afectarán al cantón en el futuro	51
6.1.1 Inundaciones	53
6.1.2 Deslizamientos.....	53
6.1.3 Erosión laminar.....	54
6.1.4 Inestabilidad de laderas.....	57
6.1.5 Incendios forestales.....	58
6.1.6 Conflictos del uso de la tierra.....	59
6.1.7 Amenazas integradas o combinadas.....	62

6.1.8 Precipitación extrema.....	63
7. Síntesis de condiciones de vulnerabilidad que prevalecen en el cantón	66
7.1 Índice de Vulnerabilidad (IV) del cantón por UGM.....	67
7.2 Ajuste por densidad de infraestructura y por densidad vial	68
8. Síntesis de factores de exposición a los peligros climáticos identificados.....	71
8.1 Exposición actual.....	73
8.2 Exposición futura.....	74
9. Síntesis de principales impactos climáticos y “riesgos” identificados en el cantón	75
9.1 Impactos climáticos por cuenca – subcuencas - microcuencas.....	76
9.2 Impactos climáticos en áreas silvestres protegidas y reservas indígenas.....	77
10. Oportunidades.....	78
12. Capacidad adaptativa.....	80
13. Conclusiones.....	81
14. Recomendaciones	83
15. Bibliografía consultada.....	84
Anexo 1. Glosario.....	87
Anexo 2. Inestabilidad de laderas	91
A.2.1 Factor de pendientes o de relieve relativo (SP o SR).....	93
A.2.2 Factor litológico (SL).....	95
A.2.3 Factor de humedad (SH)	96
A.2.4 Susceptibilidad potencial a deslizamientos, factor SUSC.....	98
A.2.5 Disparo por sismicidad DS.....	99
A.2.6 Disparo por intensidad de lluvia (Dp)	101
Anexo 3 Erosión laminar.....	105
A.3.1 Factor R	105
A.3.2 Factor erodabilidad de los suelos (factor K).....	107
A.3.3 Factor LS.....	109
A.3.4 Factor C	111
A.3.5 Factor de prácticas de conservación (P)	112
A.3.6 Erosión laminar.....	113
Anexo 4 Suelos, capacidad de uso de la tierra	114
A.4.1 Uso actual u ocupación del uso de la tierra	115
A.4.2 Divergencias en el uso de la tierra.....	116
Anexo 5 Análisis de exposición en el cantón de Buenos Aires	117
A.5.1. Exposición por inundaciones de la CNE	117
A.5.2 Exposición por deslizamientos / coronas y flujos de lodo de la CNE.....	118
A.5.3. Exposición a la inestabilidad de laderas por la metodología Mora y Vahrson.....	119
A.5.4 Exposición por puntos de calor	120
A.5.5 Exposición por erosión laminar.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico propuesto para el desarrollo del análisis de los conflictos en el uso de la tierra y de la exposición ante las amenazas relacionadas con los procesos de origen hidrometeorológico y de la geodinámica externa.....	18
Figura 2. Cantón de Buenos Aires, distritos y reservas indígenas.....	24
Figura 3. Cantón de Buenos Aires y sistema de drenaje por subcuencas	25
Figura 4. Cantón de Buenos Aires y sistema de drenaje por subcuencas y quebradas	26
Figura 5. Precipitación promedio total anual en el cantón de Buenos Aires	28
Figura 6. Temperatura promedio anual en cantón de Buenos Aires.....	30
Figura 7. Humedad relativa en estaciones del área de interés	31
Figura 8. Humedad relativa en el cantón de Buenos Aires.....	31
Figura 9. Evaporación promedio mensual en estaciones de interés.....	32
Figura 10. Evaporación promedio anual en el cantón de Buenos Aires	33
Figura 11. Valores mensuales de viento (m/s) por estaciones en el área de interés.....	34
Figura 12. Erosividad de la lluvia en el cantón de Buenos Aires	37
Figura 13. Zonas de vida en el cantón de Buenos Aires.....	39
Figura 14. Uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires.....	40
Figura 15. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Buenos Aires	41
Figura 16. Instrumentos de la Planificación Municipal.....	50
Figura 17. Inundaciones y flujos de lodo en el cantón de Buenos Aires	53
Figura 18. Deslizamientos en el cantón de Buenos Aires (Fuente: CNE, en SNIT).....	54
Figura 19. Erosión laminar en el cantón de Buenos Aires.....	55
Figura 20. Áreas y porcentajes de erosión laminar en el cantón de Buenos Aires.....	56
Figura 21. Inestabilidad de laderas en el Cantón de Buenos Aires, a partir de la metodología de Mora y Vahrson (1994).....	57
Figura 22. Áreas y porcentajes de inestabilidad de laderas en el cantón de Buenos Aires	58
Figura 23. Incendios forestales en el cantón de Buenos Aires	59
Figura 24. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires	60
Figura 25. Conflictos del uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires	61
Figura 26. Multiamenazas en el cantón de Buenos Aires.....	62
Figura 27. Percentil 90 – actual.....	63
Figura 28. Percentil 90 RCP2.6A, horizonte cercano.....	64
Figura 29. Percentil 90 RCP2.6B, horizonte medio	64
Figura 30. Percentil 90 RCP8.5A, horizonte cercano.....	65
Figura 31. Percentil 90 RCP8.5B, horizonte medio	65
Figura 32. Diferencia del P90_RCP26B respecto P90_Hist, en porcentaje.....	66
Figura 33. Índice de vulnerabilidad por UGM en el cantón de Buenos Aires	68
Figura 34. Densidad por infraestructura poblacional en el cantón de Buenos Aires.....	69
Figura 35. Densidad por infraestructura vial en el cantón de Buenos Aires	69
Figura 36. Índice de vulnerabilidad ajustado por infraestructura y vialidad del cantón de Buenos Aires..	70
Figura 37. Exposición actual integrada o combinada en el cantón de Buenos Aires	73
Figura 38. Exposición futura por escenario P90 RCP2.6B en el cantón de Buenos Aires.....	74
Figura 39. Priorización por microcuencas, en el cantón de Buenos Aires.....	76

Figura 40. Áreas Silvestres Protegidas y reservas indígenas sobrepuestas a la exposición integrada en el cantón de Buenos Aires	77
---	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas usados para el trazo de las Isoyetas.....	27
Cuadro 2. Temperaturas promedio anuales	29
Cuadro 3. Evaporación promedio mensual en estaciones área de interés	32
Cuadro 4. Estaciones climáticas en el área de interés y datos del factor R.....	35
Cuadro 5. Zonas de Vida de Holdridge en el área de interés.....	39
Cuadro 6. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires	41
Cuadro 7. Distritos por cantones en área de análisis	42
Cuadro 8. Calificación del IDS por MIDEPLAN, 2017 y de IDH, 2018 por PNUD	43
Cuadro 9. Población urbana/rural y por distrito al 2011,.....	43
Cuadro 10. Proyección de la población al 2025, por INEC, 2014.....	44
Cuadro 11. Indicadores económicos por distrito, INEC 2011.....	44
Cuadro 12. Erosión laminar en el cantón de Buenos Aires	56
Cuadro 13. Inestabilidad de laderas en el cantón de Buenos Aires	57
Cuadro 14. Áreas y porcentajes de los conflictos del uso de la tierra.....	60
Cuadro 15. Variables utilizadas para el cálculo del índice de vulnerabilidad (UCR, 2021)	67
Cuadro 16. Estrategias de adaptación en el cantón de Buenos Aires.....	78
Cuadro 17. Roles de los actores a nivel cantonal, con respecto a la gestión ambiental y del recurso hídrico	79

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 2

Figura A.2-1. Esquema del proceso Mora & Vahrson.	92
Figura A.2-2. Pendientes, en grados, en el cantón de Buenos Aires	93
Figura A.2-3. Factor Sp, metodología Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires	94
Figura A.2-4. Geología en área de análisis del cantón de Buenos Aires	95
Figura A.2-5. Factor LS, en área de análisis del cantón de Buenos Aires	96
Figura A.2-6. Factor de humedad (Sh) de la metodología Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires	97
Figura A.2-7. Susceptibilidad potencial a deslizamientos – Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires	98
Figura A.2-8. PGA en Gales, período de recurrencia de 500 años, para el cantón de Buenos Aires	99
Figura A.2-9. Factor de disparo - sismicidad, método Mora & Vahrson, para el cantón de Buenos Aires	100
Figura A.2-10. Lámina de lluvia (Dp) para D=24 horas y PR=100 años, método Mora & Vahrson en el cantón de Buenos Aires	101
Figura A.2-11. Disparo por intensidad de lluvia (Dp), método Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires	102
Figura A.2-12. Disparo total (Ds+Dp), método Mora & Vahrson.....	103
Figura A.2-13. Inestabilidad de laderas, método Mora & Vahrson.....	104

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 2

Cuadro A.2-1. Valores para obtener el factor SP, a partir de las pendientes en grados	94
Cuadro A.2-2. Relación entre el Índice Modificado de Mercalli (IMM) y la aceleración pico del terreno (PGA)	100
Cuadro A.2-3. Calificativo para la precipitación máxima de 24 horas, para $T_r = 100$ años	101
Cuadro A.2-4. Reclasificación de la amenaza por deslizamientos, según el método Mora&Vahrson.....	103

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 3

Figura A.3- 1. Factor R (erosividad de la lluvia), cantón de Buenos Aires.	106
Figura A.3- 2. Suelos a nivel de primer orden, en el cantón de Buenos Aires.....	107
Figura A.3- 3. Factor K (erodabilidad de los suelos), área de Buenos Aires	108
Figura A.3- 4. Ilustración sobre el concepto de longitud del terreno.....	109
Figura A.3- 5. Factor LS en el cantón de Buenos Aires	110
Figura A.3- 6. Factor C (uso y tipo de cobertura) en el área de Buenos Aires	112

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 3

Cuadro A.3- 1. Valores de “C” y tipo de cobertura.....	111
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 4

Figura A.4-1. Capacidad de uso de la tierra para el cantón de Buenos Aires	114
--	-----

ÍNDICE DE CUADROS EN ANEXO 4

Cuadro A.4- 1. Criterios de divergencias del uso de la tierra	116
---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS EN ANEXO 5

Figura A.5.1. Exposición a las inundaciones de la CNE, en el cantón de Buenos Aires.	117
Figura A.5.2. Exposición a la inestabilidad de laderas de la CNE, en el cantón de Buenos Aires.....	118
Figura A.5.3. Exposición a la inestabilidad de laderas Mora S. y Vahrson G. (1994), en el cantón de Buenos Aires.....	119
Figura A.5.4. Exposición a la densidad de puntos de calor, en el cantón de Buenos Aires.	120
Figura A.5.5. Exposición la erosión laminar respecto a áreas de conflictos de uso de la tierra, en el cantón de Buenos Aires.....	121

1. Generalidades

1.1 Introducción

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

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

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

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

Este proyecto, apoya la implementación de la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) (Decreto Ejecutivo N°41091) y los compromisos internacionales de adaptación del país. Por un lado, la PNACC, reconoce la importancia de ejecutar acciones, en los ámbitos nacionales y subnacionales, para poder enfrentar los desafíos del cambio climático. De acuerdo con la visión de la PNACC se busca: i) transformar las amenazas en oportunidades; ii) fortalecer las capacidades locales y condiciones de resiliencia social, ambiental y económica; iii) reducir la vulnerabilidad, y iv) prevenir y recuperarse ante los efectos adversos del cambio climático. Además, la PNACC se sustenta en cuatro enfoques: derechos humanos; pueblos indígenas; igualdad de género; adaptación integrada (ecosistema, comunidad y gestión del riesgo). Por último, la PNACC promueve las soluciones basadas en naturaleza, adaptación basada en ecosistemas, adaptación basada en comunidades, y el ordenamiento territorial, como temas sustantivos de la adaptación.

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 b) de la gestión del riesgo, con énfasis en medidas preventivas, incluidas las llamadas medidas de obras grises (estructurales).

1.2. Antecedentes respecto a territorios resilientes

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

Aunque hay estudios muy generales, por la extensión que abarca el cantón, en relación con el ordenamiento territorial se cuenta con Plan Regulador desactualizado. Actualmente, la municipalidad se encuentra realizando insumos técnicos del diagnóstico territorial, y en la búsqueda de financiamiento para realizar una actualización completa. Es importante indicar el apoyo brindado en el marco de este proyecto con respecto a estudios complementarios en el ámbito local:

1. Análisis social, económico y espacial para el fortalecimiento de capacidades de adaptación al Cambio Climático del Cantón de Buenos Aires (Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D., 2021),
2. Propuesta metodológica costo-efectiva para la generación de evaluaciones de riesgo ante impactos relacionados a la variabilidad y el cambio climático (UCR, 2021)

El Análisis social, económico y espacial para el fortalecimiento de capacidades de adaptación al Cambio Climático del Cantón de Buenos Aires (Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D., 2021) incluyó la realización de los mapas del Atlas Cartográfico del Plan Regulador elaborados en 2021, de acuerdo con los lineamientos del Manual de Planes Reguladores de INVU: mapa base de planificación, los mapas temáticos sociales y los mapas temáticos económicos. Además, se realizó el diagnóstico del eje social completo, así como el diagnóstico del eje económico completo actualizado al 2021, de acuerdo con los lineamientos del Manual de Planes Reguladores de INVU.

En el cantón se han realizado diferentes estudios relevantes pero localizados. Sobre todo hay información de la CNE (2013) y el ICE, por los estudios del Proyecto Hidroeléctrico Diquís, que se ha logrado rescatar e incorporar en los modelos presentados en este estudio.

1.3. Alcance de la consultoría

El alcance esta 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 el 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. Se utiliza de apoyo la información brindada por la Municipalidad de Buenos Aires a través de la Caja de Herramientas que

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

complementa la guía de planificación para la adaptación al cambio climático (DCC MINAE, 2020) (accedida el 26 de abril, del 2021).

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

1.4. Objetivos

Los objetivos de este diagnóstico son:

- Elaborar un perfil climático y 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 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 brindada por el equipo técnico de la municipalidad a través de la caja de herramientas y se propone su ampliación a partir de entrevista informal *in situ* al personal municipal, así como la revisión de los documentos con que cuentan.

Para definir el perfil climático de Buenos Aires se siguieron los pasos siguientes, a los mismos, se les hace consideraciones y análisis de supuesto:

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 georreferenciadas del estudio UCR (2021), se contó con información de amenazas de la CNE², suministrada por UCR (2021) que corresponde a eventos registrados históricamente de inundaciones, flujos de lodos, deslizamiento y coronas de deslizamientos, fallas y otras, aunque solo interesan las relacionadas con la climatología. También se contó 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 UCR (2021); por lo que este estudio calculó el riesgo en las condiciones límites o extremas que pueden causar efectos negativos en una población.

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

²Información disponible en el SNIT.

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

El estudio Quesada Thompson, G.T., et al, (2021) procesó información disponible del INEC³, tanto a nivel de cantón, distrito, como de UGM, definiendo indicadores socioeconómicos. A partir de este, UCR (2021) define la vulnerabilidad socioeconómica con base en las UGM, sin embargo, ambos estudios comentan los indicadores a los límites cantonales y distritales. La vulnerabilidad fue definida por UCR (2021), utilizando los criterios resumidos a continuación, normalizados, dependiendo de si la variable aporta vulnerabilidad (relación directa indicada) o si reduce la vulnerabilidad (relación inversa) que aplica a una UGM (máximos y mínimos corresponden a la UGM del cantón el valor máximo o mínimo de cada variable):

1. El valor asignado de UGM directamente según censo de 2011, de las variables: porcentaje asistencia a la educación regular (secundaria), población infantil, población adulta mayor, población desempleada, población con limitaciones físicas o mentales, necesidades básicas insatisfechas, proveniencia de agua potable: promedio ponderado de viviendas, según cantidad de viviendas que reciben agua de proveedor institucional (factor 0,06), comunal (factor 0,03) o no regulado (factor 0,01).
2. En forma inversa Área Silvestres Protegidas (ASP), porcentaje de área que está dentro del área silvestre protegida, por UGM.
3. En forma inversa Servicios Ecosistémicos (SE), porcentaje de área que está cubierta por 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.

Para este estudio, se retomaron 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 superpongan 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.

³ Información ya estandarizada por UCR (2021) y donde sólo se pudo acceder a la variable de vulnerabilidad resumida del INEC, mas no a sus componentes.

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

Consideraciones. La obtención del riesgo para el extremo húmedo actual se validó contra las amenazas históricas de la CNE, con uso de Google Earth, y con consulta al personal de la municipalidad. Para el caso del extremo seco, se validó con 20 años de registros diarios de puntos de calor de CONABIO⁴, y con consulta la 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

Una de las finalidades de este estudio es crear información útil para el plan regulador y para las estrategias locales. Por ello, 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, en realidad una sola variable manejada y estandarizada por Unidad Geoestadística Mínima (UGM) en UCR (2021), puede complementarse en el aspecto económico, ampliándose la selección de variables para robustecer el análisis. Esto sólo puede ser realizado en la medida en que se cuente con 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".
- El propósito es generar y proponer las medidas de adaptación basadas en la naturaleza y para la gestión del riesgo, en las áreas impactadas.
- Se siguen supuestos de la existencia y acceso a la información existente, generada para el cantón:
 - Uso-cobertura de la tierra, el cual debe actualizarse.
 - Análisis de los suelos, incluida su taxonomía. En el caso de Buenos Aires se cuenta con un mapa apropiado para este análisis realizado por ICE (2010).
 - Información de las amenazas naturales de la CNE, actualizada (representación esquemática preliminar de un sitio donde hay evidencia de eventos hidrometeorológicos y climáticos destructivos, que en sentido estricto no representan a las amenazas); se puede estandarizar en 5 rangos, con escenarios de profundidades de inundación.

⁴ Sistema de Alerta Temprana de Incendios. Disponible en <http://incendios.conabio.gob.mx/>.

- 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.
- Se modela 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, considerada como aceptable, siendo que no se cuenta con las memorias de cálculo ni con los insumos para su revisión o reelaboración.
- 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 o 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 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 incorporarse 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 propuso la realización de talleres a nivel distrital. Para interpretar el esquema, se recomienda revisar el glosario en el Anexo 1.

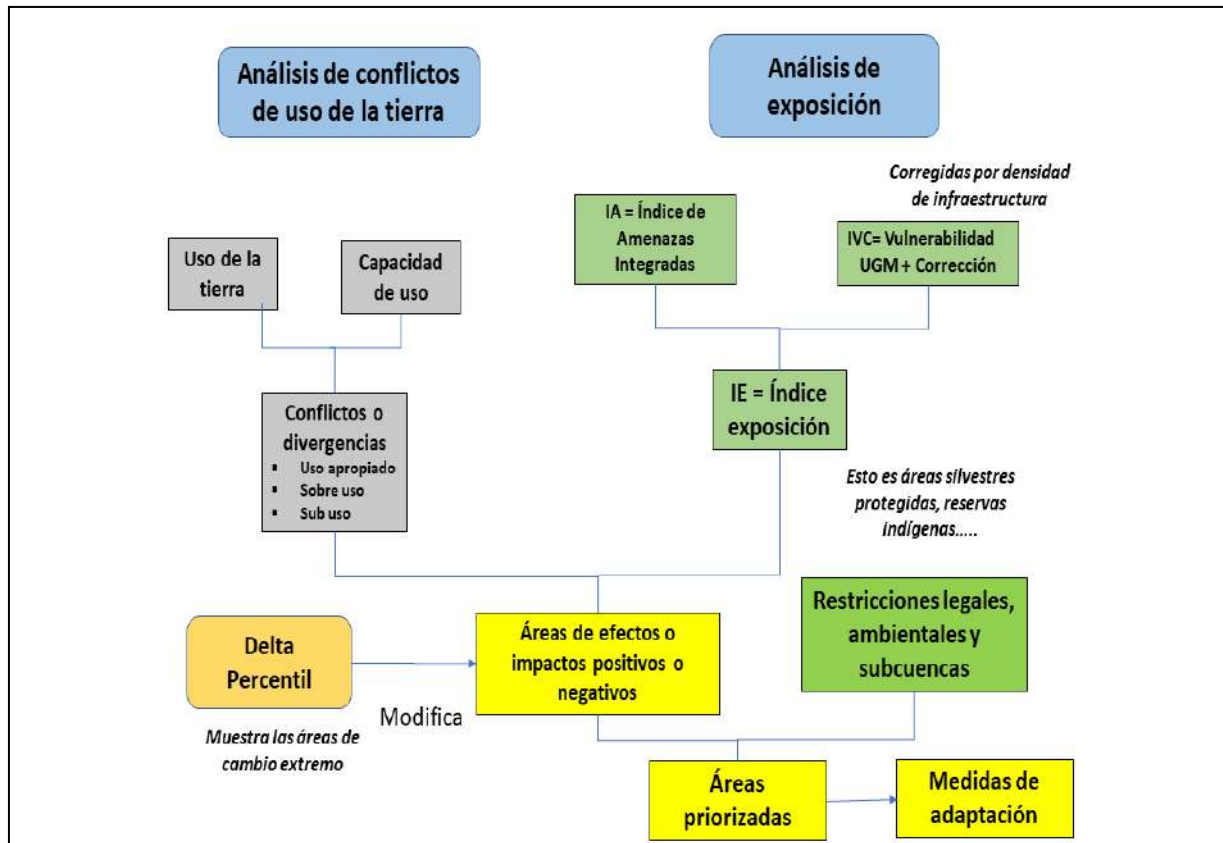


Figura 1. Esquema metodológico propuesto para el desarrollo del análisis de los conflictos en el uso de la tierra y de la exposición ante las amenazas relacionadas con los procesos de origen hidrometeorológico y de la geodinámica externa.

2.2 Explicación de la metodología

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

2.2.1. Índice de exposición

Se diseñó y aplicó un “índice de exposición”, el cual tomó 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:

$$\sum IE_i = \sum_{j=1}^m IA_j * ISeUGM_i, \text{ para cada UGM},$$

... en donde

IE_i = índice de exposición; el cual se define en rangos de 5 niveles

IA_j = índice de amenazas integradas o multi-amenaza, de $j=1, \dots, m$

$ISeUGM_i$ = índice socioeconómico por UGM, de $i = 1, \dots, n$ segmentos en el cantón

2.2.2 Índice de Vulnerabilidad (IV)

El índice de vulnerabilidad se tomó del estudio de la UCR (2021) y se expresa 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 construyó 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:

$$IA = \left(\sum_{i=1}^n w_i * Amenaza_i \right) * \left(\prod_{j=1}^m Amenaza_j \right)$$

Donde:

IA = índice compuesto de amenaza

W_i = peso para la amenaza i , en este caso $W_i = 1$

Se consideró un peso igual para cada amenaza, en todos los casos la $(\sum W_i = 1)$

$Amenaza_i$ = 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 $j = 1 \dots, m$, 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. (2017), 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 presenta 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 uso de los suelos y divergencias

La taxonomía de los suelos, expresada por clases de capacidad, según el 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.

$$ID = \text{índice de divergencias} = f(\text{uso, capacidad})$$

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

2.2.6 Áreas impactadas

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

$$AI = \text{áreas impactadas} = IE * ID$$

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 comprenden 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 climático⁵ para el cantón de Buenos Aires fueron suministrados por el estudio y geo bases de datos (UCR, 2021). Siguiendo el Quinto Informe IPCC⁶, 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/m²; 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.

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.

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

⁶ <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

2.2.9 Oportunidades y debilidades por la VC y el CGA

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

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

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

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

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

Índice de exposición (IE). Como paso antecesor a un cálculo del riesgo, se propone el establecimiento de un índice de exposición, derivado de una relación entre el índice de vulnerabilidad y el índice de multiamenaza. Esto, aunque guarda similitud con el enfoque de la UCR (2021), produce una representación más realista de la forma espacial con la que sea representada la exposición independiente de la UGM. Alternativamente, se calcula una multi-exposición, producto de considerar como 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_8.5(al 2050), el delta lluvia establecido por la diferencia entre el P90_8.5A 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 que, según el caso, algunas amenazas podrían aumentar o disminuir con respecto a la situación histórica y actual. Por lo tanto: menos lluvia implicaría menor erosión e inestabilidad de ladera, aunque más sequía y más lluvias implicarían mayores inundaciones, erosión, e inestabilidad de laderas, pero implicarían mayor productividad agropecuaria.

3. Perfil local

Aunque en el cantón se han realizado diversos estudios, la información digital es escasa, dado que las bases de datos de muchos de los estudios no están disponibles, o bien sólo parcialmente. Este es el caso de los realizados por el ICE para el Proyecto Hidroeléctrico Diquís, antes del PH Boruca, relacionados a la biología del área, al estudio de fauna, flora acuática y planes de los humedales. Al no contar con información de Índice de Fragilidad Ambiental (IFAs), se carece de las variables que componen este estudio y de igual forma las del Plan Regulador. Se ha logrado recopilar información que sirve para caracterizar el perfil local del cantón de Buenos Aires.

3.1 Localización geográfica del cantón de Buenos Aires

Es el cantón número 3 de la provincia de Puntarenas. Ocupa el cuarto lugar en extensión territorial entre los cantones del país. Administrativamente, se divide en 9 distritos: Volcán, Brunka, Buenos Aires (cabecera), Potrero Grande, Bioley, Pilas, Colinas, Boruca y Changuena, como se observa en la Figura 2.

Sus límites son: al Norte con Talamanca de la provincia de Limón y Pérez Zeledón de la provincia de San José, al Oeste con Pérez Zeledón de la provincia de San José, al Sur con Buenos Aires, Costo Brus y Golfito, todos de la provincia de Puntarenas al Este con Talamanca de la provincia de Limón y Coto Brus de la provincia de Puntarenas. Las coordenadas geográficas medias del cantón están dadas por 9°10' 0,01" Latitud Norte y 83° 19' 55,76" Longitud Oeste.

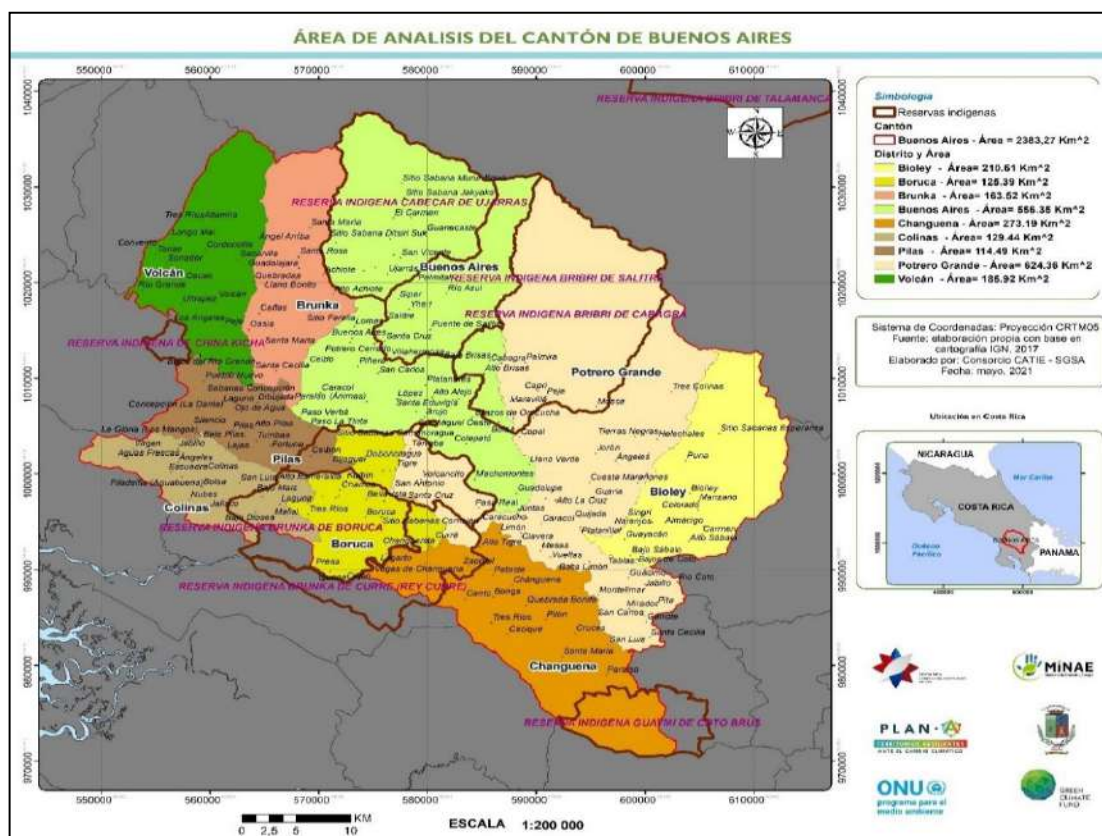


Figura 2. Cantón de Buenos Aires, distritos y reservas indígenas

3.2 Cuencas hidrográficas en cantones de Buenos Aires y Osa

[illegible]

25

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

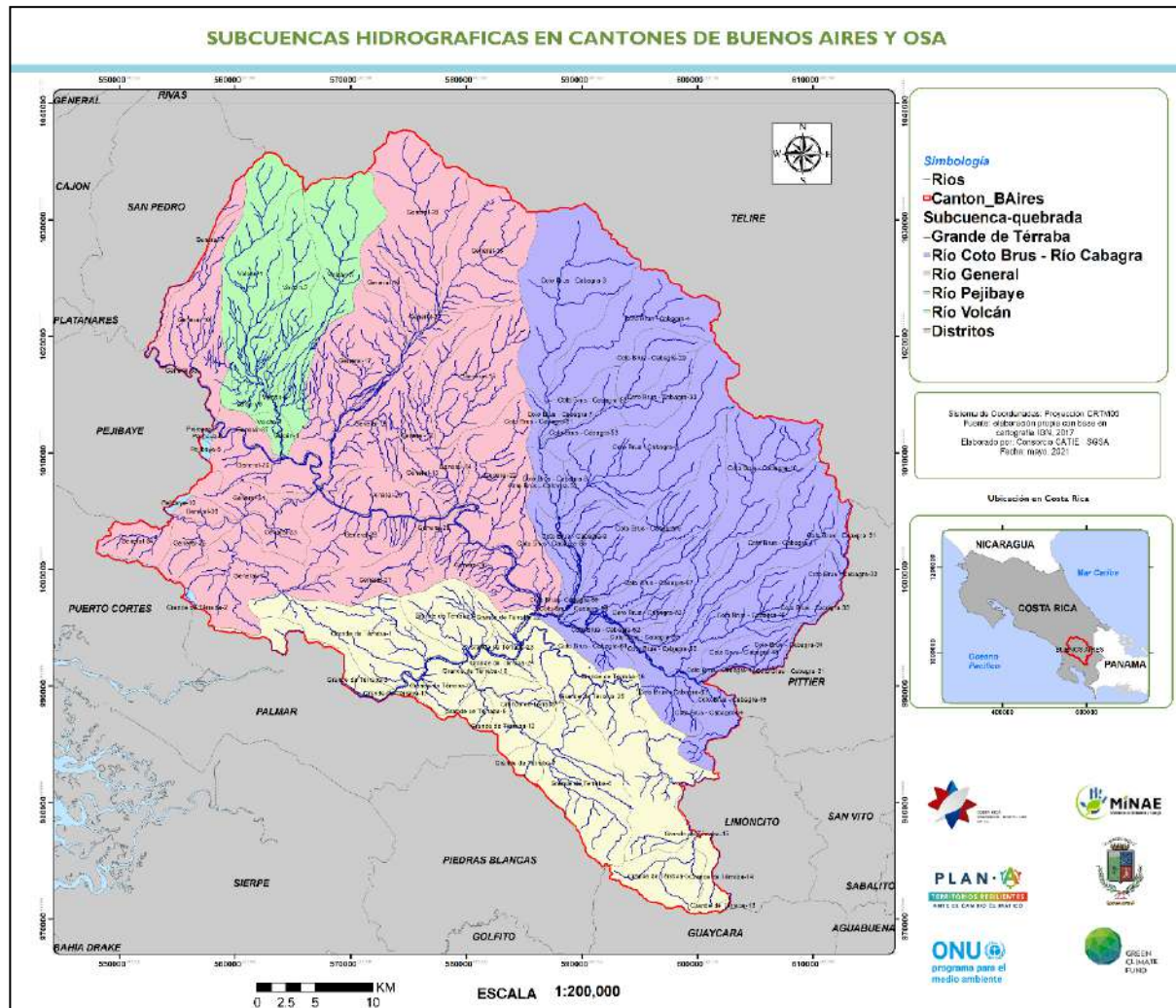


Figura 4. Cantón de Buenos Aires y sistema de drenaje por subcuencas y quebradas
Fuente: Elaboración propia con base en SNIT, 2017

3.3. Climatología - variables climáticas

La descripción de las variables climáticas en el área de interés incluye: a) precipitación, a) temperatura, b) humedad relativa, c) evaporación, d) viento, las cuales se han 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 analizaron los registros de 38 estaciones de lluvia operando actualmente (CNE, 2013). En el Cuadro 1 se presentan las características de las estaciones analizadas.

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

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

Fuente. ICE (2010), citado por CNE (2013)

Con los valores de la lluvia promedio anual en cada una de las estaciones el ICE en su informe hidrológico de 2005, se trazaron las curvas isoyetas en la cuenca del río Grande de Térraba con un intervalo de 400 mm. En la Figura 5 se presenta la precipitación promedio anual del cantón de Buenos Aires. Se incluyen todas las estaciones con que cuenta el ICE, en particular las automáticas, que sirven de apoyo a muchas de las variables comentadas en este estudio. La precipitación varía de 1801mm a 5752 mm, con un núcleo máximo en la parte NW del cantón en azul, rodeado de tonos verdes, y una media para el cantón de 3205 mm; en la parte W hacia el suroeste del cantón se tiene la más baja precipitación en el rango de 1801 a 2365 mm. La comparación con el P90 no se realiza por cuanto los periodos y las estaciones son diferentes; sin embargo, en el P90 la máxima precipitación se ubica hacia abajo del núcleo azul y abarca la zona de mínima precipitación.

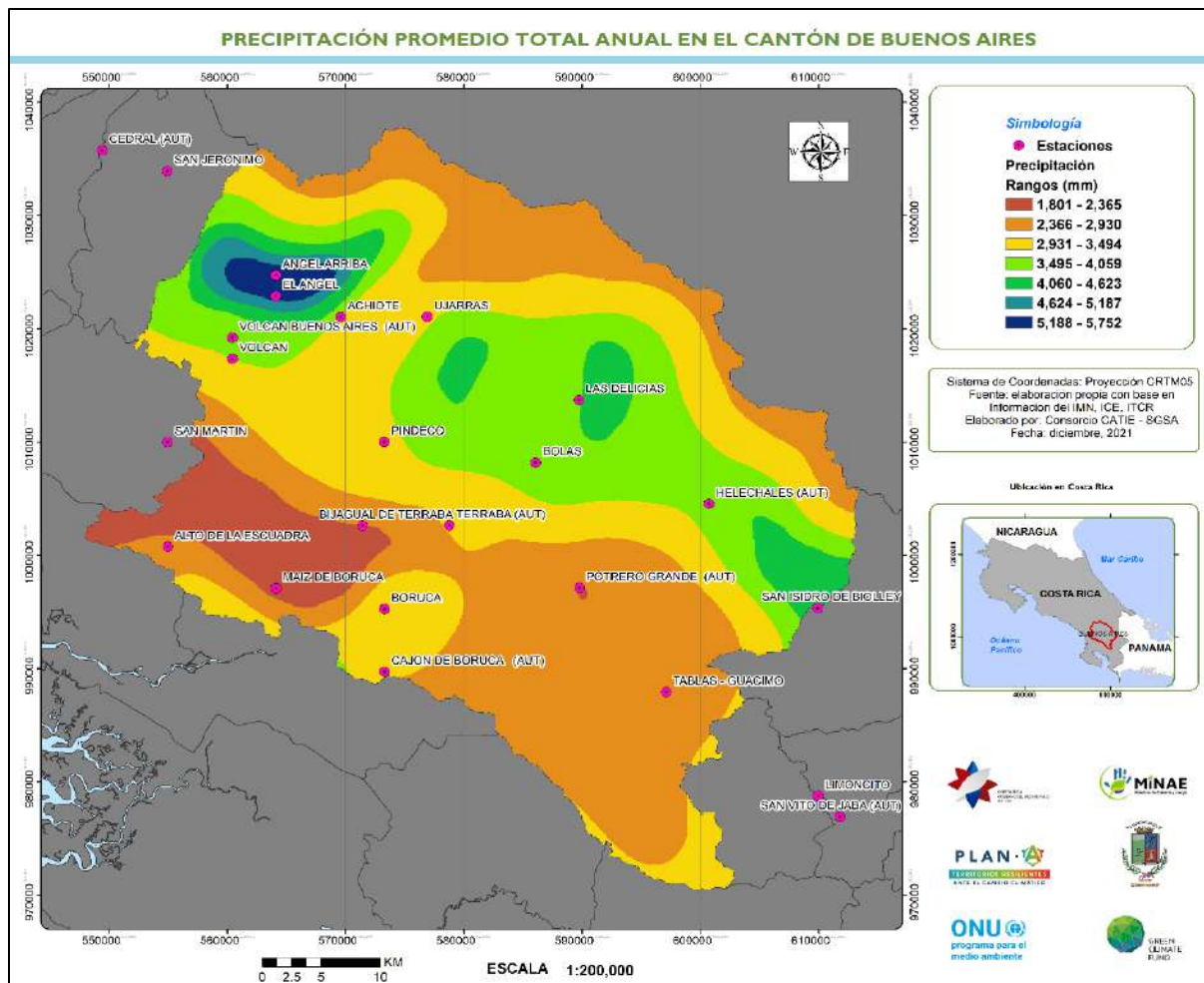


Figura 5. Precipitación promedio total anual en el cantón de Buenos Aires
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE (2013)

3.3.2 Temperatura

La descripción de la temperatura incluye los valores promedio anuales. En el Cuadro 2 se presentan las temperaturas promedio anuales se observa que en el área las temperaturas promedio mensuales varían entre 27,2 °C (Estación Climatológica Cajón de Boruca N° 98037) y 19,1 °C (Estación Cedral).

Cuadro 2. Temperaturas promedio anuales

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

Fuente: ICE (2009); IMN (2010)

Notas (períodos de Registro)

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

A partir de los registros de temperatura media de las estaciones que se encuentran en el área de interés, se construyeron las líneas isotermas del año promedio, que se presentan en la Figura 6. Se realizó la extrapolación de las isotermas hacia los sectores de la cuenca donde no existe información utilizando gradiente constante. La temperatura promedio varía de 21,22 °C a 27,23°C con una media de 25.21 °C. Los rangos más bajos en café obscuro se ubican, en las partes alta al NO y al SE.

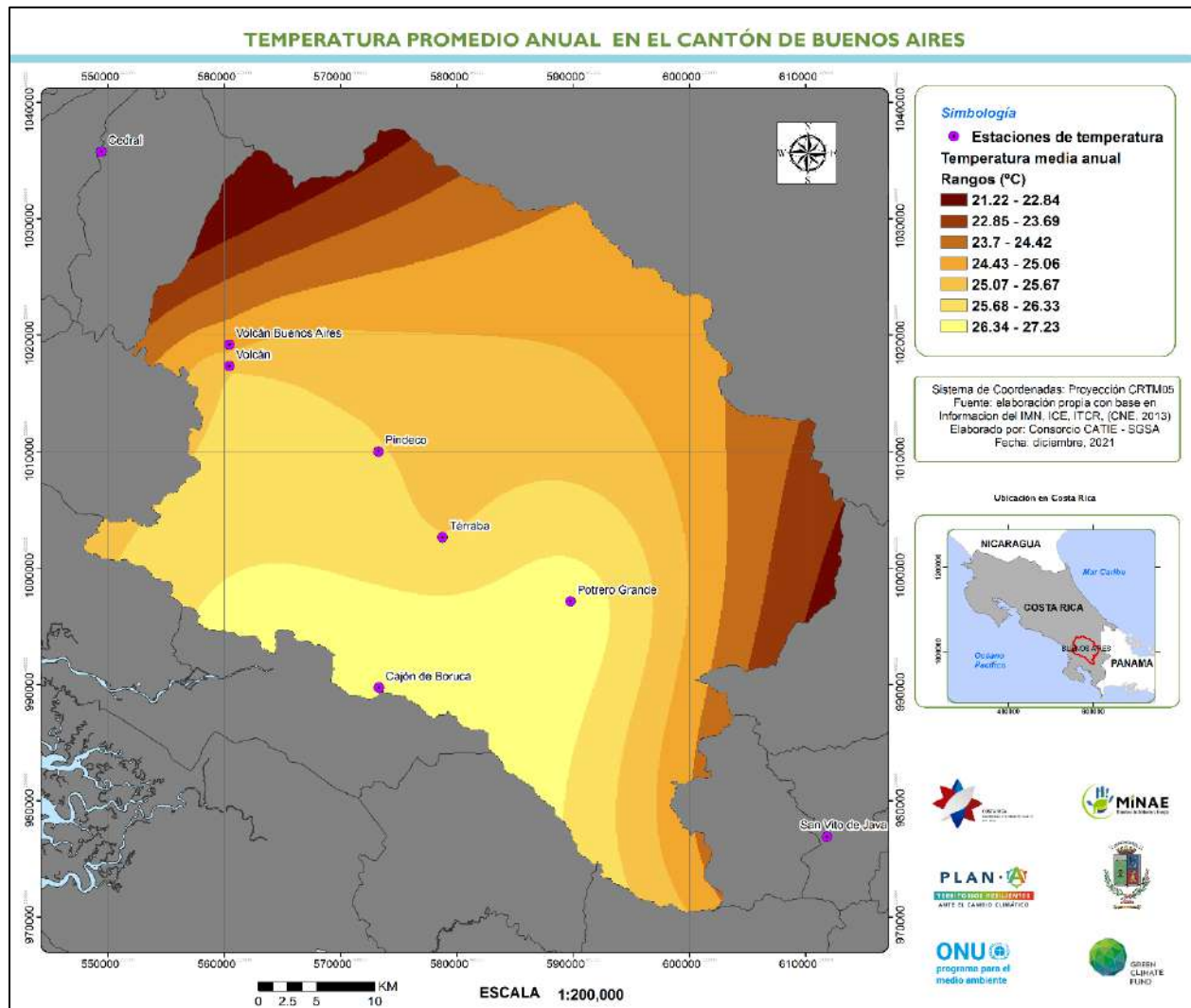


Figura 6. Temperatura promedio anual en cantón de Buenos Aires

Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

3.3.3 Humedad relativa

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

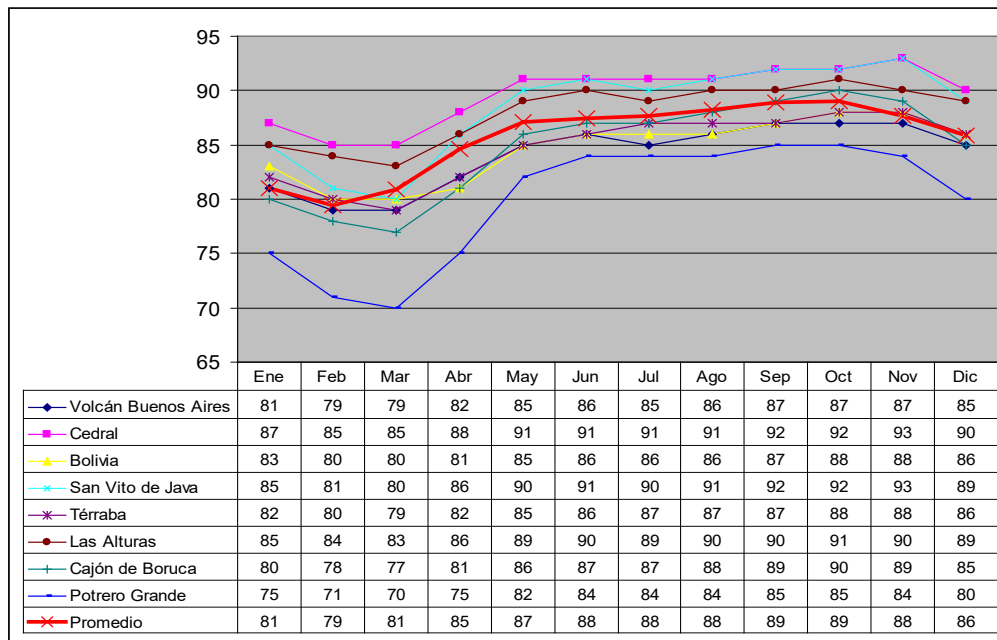


Figura 7. Humedad relativa en estaciones del área de interés
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE, 2013

Además, en las estaciones ubicadas en zonas montañosas los valores mensuales son mayores que las de estaciones situadas en zonas más bajas. En la Figura 8 se puede observar que las estaciones de Cedral y San Vito de Java, ubicadas en zonas montañosas, presentan valores mayores que las estaciones de Bolivia y Potrero Grande, ubicadas en la parte baja del área.

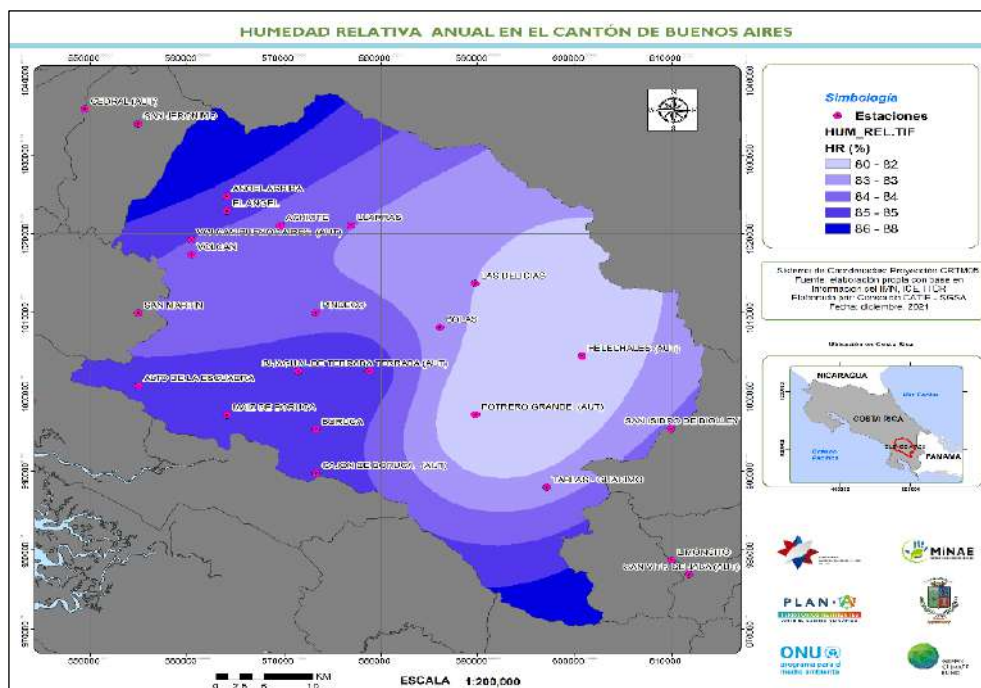


Figura 8. Humedad relativa en el cantón de Buenos Aires
Fuente: Elaboración propia, con base en CNE (2013)

En ICE (2010) se indica que los meses con menor humedad media mensual van de enero a marzo, en cambio desde junio hasta noviembre son los que presentan los valores medios mensuales máximos, con un máximo promedio mensual en septiembre, esto es consecuencia de la alta pluviosidad de esos meses.

ICE (2020) señala que la distribución diaria de la humedad en zonas tropicales guarda una relación inversa con el comportamiento de la temperatura. Durante el día presenta un mínimo en las primeras horas de la tarde cuando la temperatura es máxima; durante las noches y en especial en las madrugadas, alcanza valores máximos que frecuentemente llegan al 100% cuando las temperaturas son mínimas.

3.3.4 Evaporación

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

Cuadro 3. Evaporación promedio mensual en estaciones área de interés

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

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

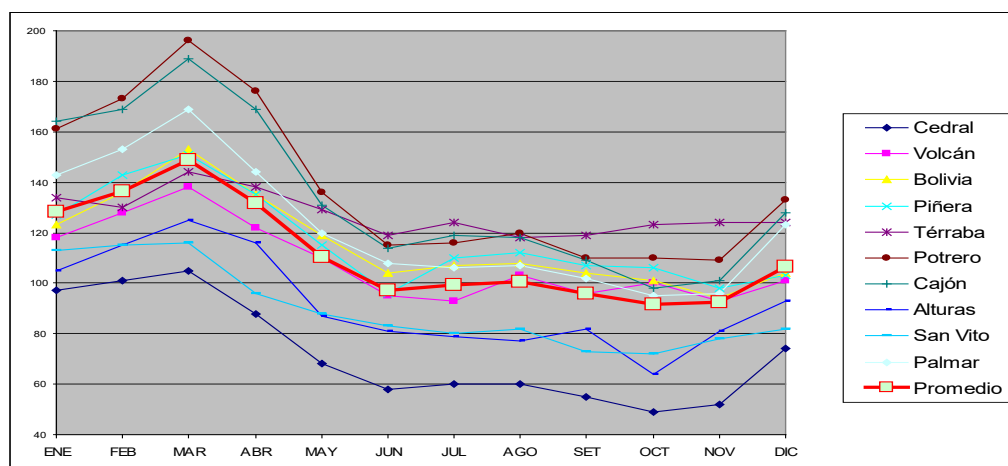


Figura 9. Evaporación promedio mensual en estaciones de interés

Fuente: Elaboración propia, con base en CNE (2013)

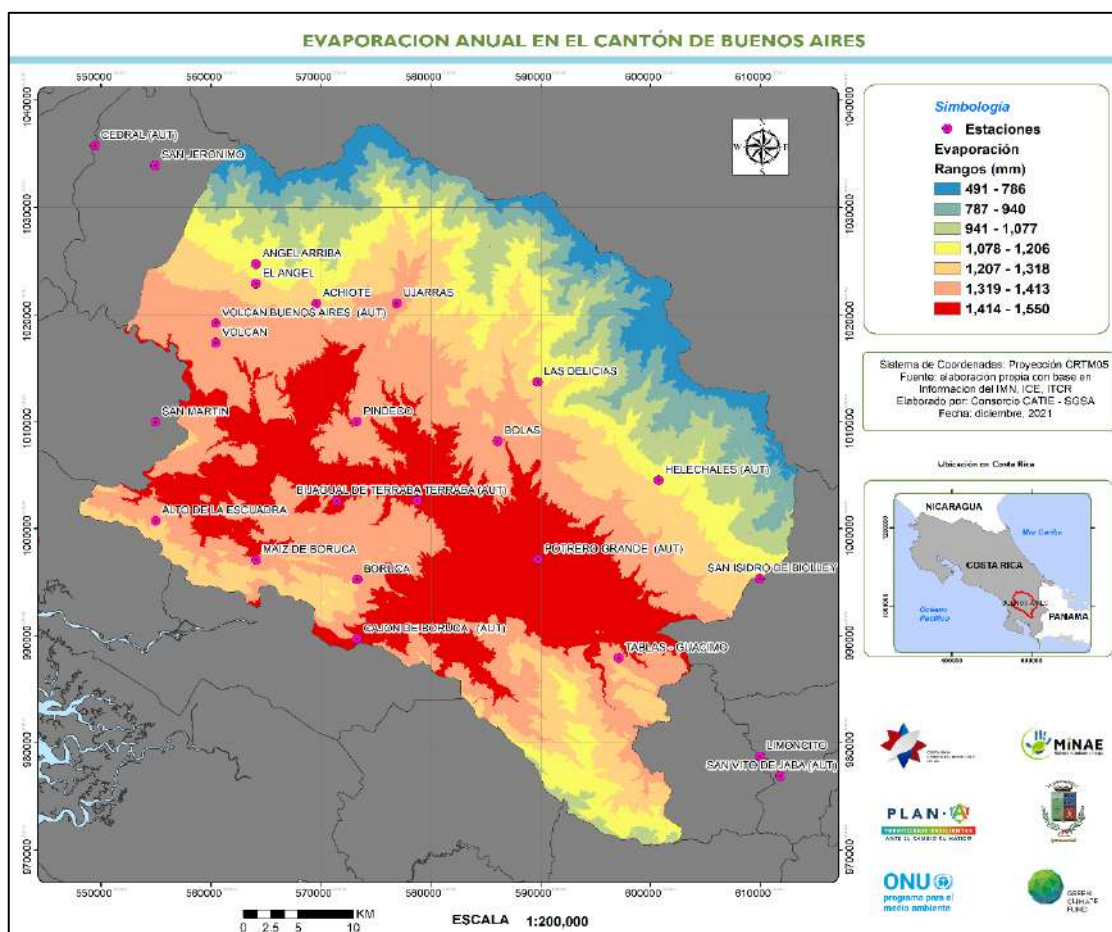


Figura 10. Evaporación promedio anual en el cantón de Buenos Aires

Fuente: Elaboración propia, con base en CNE (2013)

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

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

3.3.5 Velocidad y dirección del viento

En la cuenca del río Térraba, afluente a los sitios de embalse es muy escasa la información sobre el viento; tan solo existen registros incompletos del 2000 al 2007 para 4 estaciones en la cuenca: 98010 (Cedral), 98011 (Bolivia), 98012 (Potrero Grande), 98037 (Cajón de Boruca). Los valores mensuales del viento máximo registrado se muestran en la Figura 11. El máximo mensual se ha medido en dirección Este–Noreste igual a 4 m/s en la estación 98010 ubicada en el poblado de Cedral, para el resto de las estaciones no hay dominancia, con direcciones variables Oeste-Suroeste, Este Noreste, Noreste y Oeste.

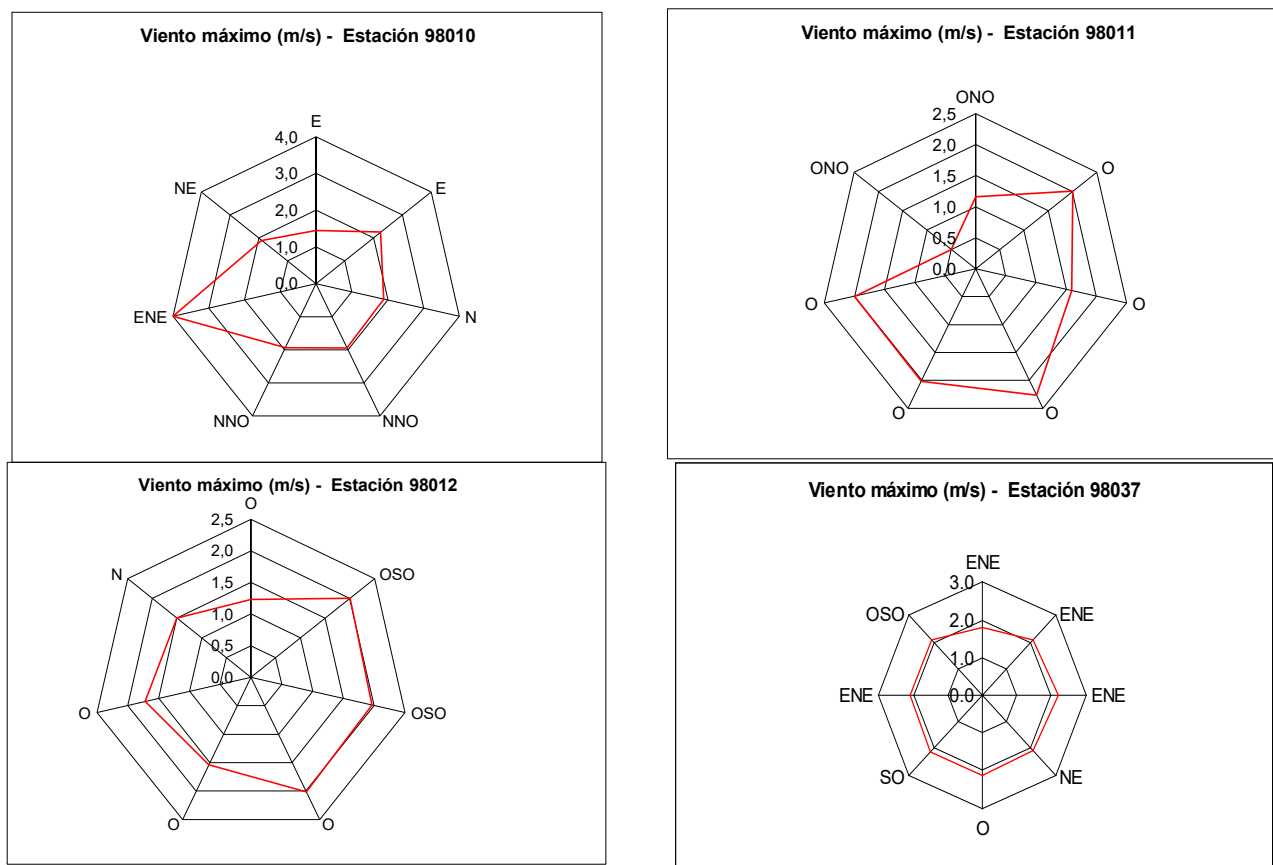


Figura 11. Valores mensuales de viento (m/s) por estaciones en el área de interés

Fuente: Elaboración propia, con base en información del ICE

Adicionalmente, la estación Pindeco en Buenos Aires, en ICE (2010), indica que existen vientos fuertes con velocidad promedio diaria entre 5 y 8 m/s durante los primeros meses de la temporada seca (enero a marzo) y vientos moderados (velocidad entre 2 y 5 m/s) durante el resto del año, incluyendo los meses de la temporada húmeda. Esta variación mensual de la velocidad del viento incide en que la evaporación y la evapotranspiración mensual sean menores en esta última temporada.

La dirección predominante de estos vientos, según los reportes de la misma estación, son Suroeste y Oeste. De esto se desprende que se podrían tener vientos de aproximadamente 30 Km/hr, en condiciones normales en esta área, con ráfagas fuertes en eventos extremos. Esto se relaciona con el nombre del cantón, que se debe a don Pedro Calderón, cuando en 1860 pasó por el lugar, abriendo un camino que comunicó Cartago con los pueblos de Térraba y Boruca, bautizando al sitio que se le denominaba Hato Viejo, con el de Buenos Aires (ICE, 2010).

El nuevo nombre posiblemente se le dio por la brisa constante que sopla en la zona, como son las corrientes de aire que vienen del océano Pacífico, y en verano los vientos de norte a sur, que son fuertes.

3.3.6 Erosividad de la lluvia en el cantón de Buenos Aires

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

Según investigaciones realizadas por Wischmeier y Smith 1958 (citados por Kirkby y Morgan, 1984), el factor R o índice de erosividad de la lluvia, está en función de dos características de la lluvia tempestuosa: (1) la energía de la lluvia, que se considera como el mejor elemento para estimar su capacidad erosiva, y (2) la intensidad máxima durante treinta minutos. El resultado de este producto lo denominó EI₃₀, el cual logró explicar de 72 a 97% de la variación de la erosión en tormentas individuales y el 94% de las pérdidas de suelo anual. El ICE suministró el cálculo del factor R en unidades de [MJ mm / (Ha hr yr)], también llamadas unidades EI, con valores entre 924.5 y 4,446.6 en unidades EI. En el Cuadro 4 se incluyen las estaciones climáticas usadas en el cálculo del factor R.

Cuadro 4. Estaciones climáticas en el área de interés y datos del factor R

CUENC A	NOMBRE	ESTA C	Datos desd e	Elevació n	Lat G	Lat M	Lon G	Lon M	Latitud	Longitud	Factor R
98	Volcán Buenos Aires	6	Ene-69	418,0	9	13	83	27	9,2166666 7	- 83,45000000	3509,3
98	San Vito de Java	7	1-Jul-68	890,0	8	50	82	59	8,8333333 3	- 82,98333333	2942,9
98	Cedral	10	Dic-68	1700,0	9	22	83	33	9,3666666 7	- 83,55000000	3772,4
98	Bolivia	11	Dic-68	740,0	9	11	83	38	9,1833333 3	- 83,63333333	1009,7
98	Potrero Grande	12	Dic-68	183,0	9	1	83	11	9,0166666 7	- 83,18333333	1492,3
98	Río Negro	13	Abr-69	955,0	8	53	82	52	8,8833333 3	- 82,86666667	1562,7
98	Bolas	15	1-May-69	500,0	9	7	83	13	9,1166666 7	- 83,21666667	2126,7
98	San Martín	17	1-May-69	660,0	9	8	83	30	9,1333333 3	- 83,50000000	1245,1
98	Río Blanco	21	1-May-69	1500,0	9	31	83	37	9,5166666 7	- 83,61666667	1496,4
98	Ujarrás	18	1-Jun-69	525,0	9	14	83	18	9,2333333 3	- 83,30000000	3405,3
98	Achiote	19	1-May-69	420,0	9	14	83	22	9,2333333 3	- 83,36666667	1149,0
98	Chimirol	20	1-May-69	1000,0	9	26	83	38	9,4333333 3	- 83,63333333	3273,3
98	Cristo Rey	23	1-May-70	495,0	9	15	83	37	9,2500000 0	- 83,61666667	1732,0
98	Buena Vista	31	Ago-72	1310,0	9	30	83	40	9,5000000 0	- 83,66666667	1435,7
98	Alto San Juan	32	Ago-72	1040,0	9	20	83	44	9,3333333 3	- 83,73333333	1494,6
98	San Jerónimo	33	Ago-72	1140,0	9	21	83	30	9,3500000 0	- 83,50000000	3229,6
98	Tablas	34	Ago-72	360,0	8	56	83	7	8,9333333 3	- 83,11666667	1449,0

98	Limoncito	35	Ago-72	820,0	8	51	83	0	8,8500000	-	
									0	83,00000000	3849,4
98	Maíz de Boruca	36	1-Sep-72	520,0	9	1	83	25	9,0166666	-	
									7	83,41666667	924,5
98	Cajón Boruca	37	1-Sep-72	80,0	8	57	83	20	8,9500000	-	
									0	83,33333333	2620,5
98	Alto de La Escuadra	38	1-Mar-73	825,0	9	3	83	30	9,0500000	-	
									0	83,50000000	2486,0
98	Boruca	39	1-Mar-73	570,0	9	0	83	20	9,0000000	-	
									0	83,33333333	979,5
98	División	40	1-Mar-73	2260,0	9	31	83	43	9,5166666	-	
									7	83,71666667	1778,6
98	Mellizas	43	1-Mar-74	1420,0	8	53	82	47	8,8833333	-	
									3	82,78333333	2514,1
98	Las Alturas	44	1-Apr-74	1340,0	8	56	82	50	8,9333333	-	
									3	82,83333333	2086,4
98	Fila Tigre	50	1-Apr-74	1130,0	8	56	82	55	8,9333333	-	
									3	82,91666667	2237,0
98	Helechales	51	1-May-74	1030,0	9	5	83	5	9,0833333	-	
									3	83,08333333	2326,2
98	Térraba	57	1-Oct-74	360,0	9	4	83	17	9,0666666	-	
									7	83,28333333	2217,6
98	Aguas Buenas	58	Abr-75	1180,0	9	13	83	41	9,2166666	-	
									7	83,68333333	1853,1
98	Linda	59	Abr-75	700,0	9	22	83	39	9,3666666	-	
									7	83,65000000	2809,2
98	San Ramón Norte	61	Abr-75	1160,0	9	26	83	43	9,4333333	-	
									3	83,71666667	3536,5
98	San Isidro de Bioley	66	1-Sep-96	1050,0	9	0	83	0	9,0000000	-	
									0	83,00000000	2798,1
98	Las Delicias	68	1-Sep-96	990,0	9	10	83	11	9,1666666	-	
									7	83,18333333	3568,5
98	ND	70	ND ND		9	15	83	25	9,2500000	-	
									0	83,41666667	4446,6

Fuente: ICE (2010)

En la Figura 12 se incluye el factor R o erosividad de la lluvia para el cantón de Buenos Aires. Este factor, será tomado en cuenta en el Anexo 3, para el cálculo de la EUPS.

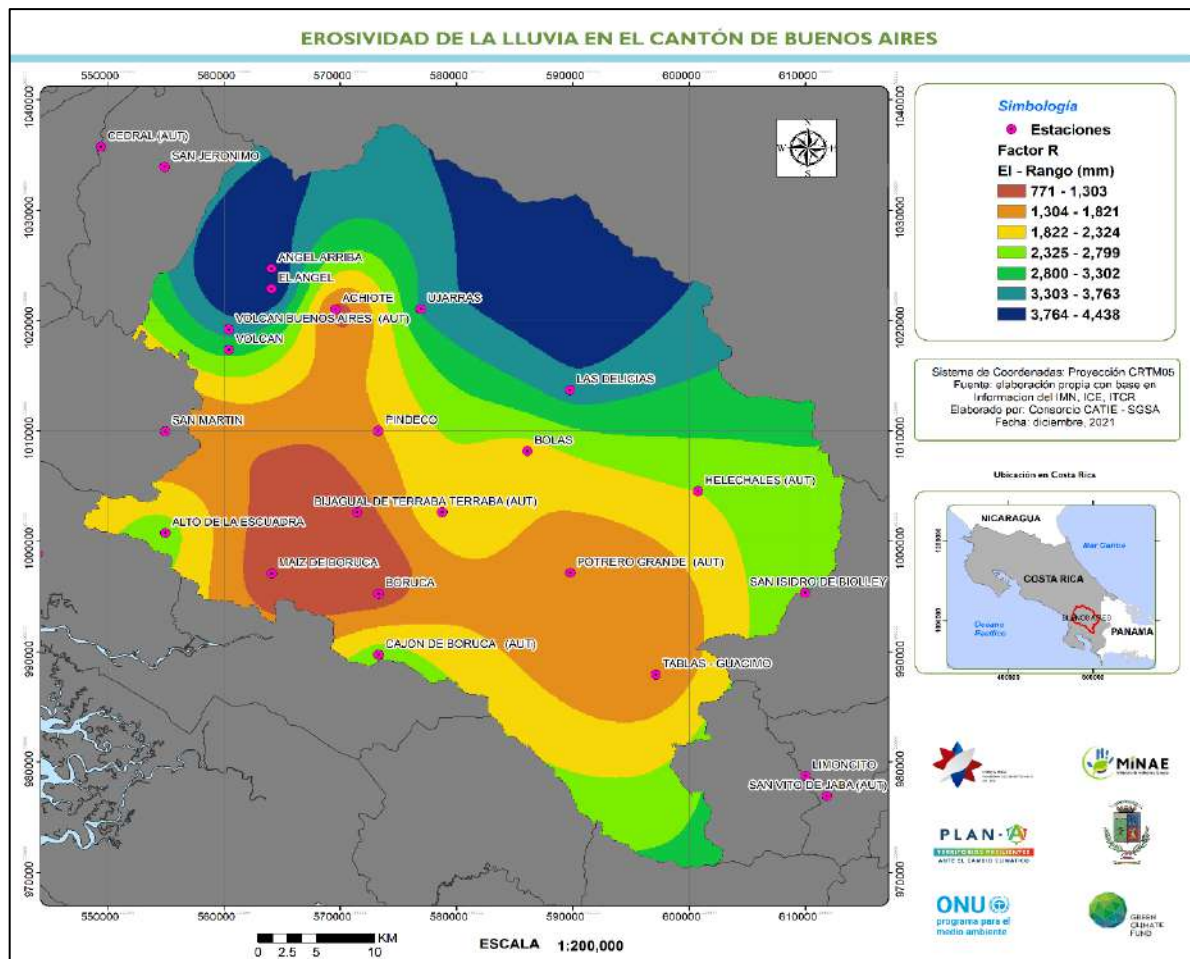


Figura 12. Erosividad de la lluvia en el cantón de Buenos Aires
Fuente: Elaboración propia, con base en datos suministrados por ICE (2010).

3.4 Eventos de El Niño y La Niña

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

Durante el período de registro en la estación Palmar, el fenómeno de El Niño tuvo presencia durante los siguientes períodos: junio 1963 - febrero 1964, mayo 1965 -junio 1966, abril 1972 - marzo 1973, agosto 1976 - marzo 1977, julio 1977- enero 1978, abril 1982 - julio 1983, agosto 1986 - febrero 1988, marzo 1991- julio 1992 y febrero 1993 - septiembre 1993. **Los caudales más bajos del registro están asociados a la presencia de El Niño** en el periodo 91 - 93, cuando se registraron los caudales mínimos anuales y los caudales no superaron el 58% del promedio. En los otros períodos con presencia del fenómeno, los caudales han llegado al 70% del promedio, y solo en dos períodos, en 1963 y en 1965, el caudal estuvo alrededor del promedio.

El fenómeno de La Niña tuvo presencia durante los siguientes períodos: julio 1964 - marzo 1965, octubre 1970 - diciembre 1971, julio 1973 -marzo 1976, octubre 1983 - junio 1985, julio 1988 – junio 1989, octubre 1995 -marzo 1996 y junio 1998 - junio 2000. **Los caudales más altos del registro están asociados a la presencia de La Niña;** en el período 1999-2000, el caudal anual fue 63% más alto que el promedio y en el período 1970-1971 un 49% más alto. En los otros períodos los caudales tuvieron valores 23% más altos que el promedio y en el período 1983-1985 el caudal estuvo alrededor del promedio.

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

3.5. Zonas de vida de Holdridge

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

Las zonas de vida van de bosque húmedo (25,85%) rango de 1,000 a 2,000 mm, a bosque muy húmedo (39,6%) de 2,000 a 4,000 bosque pluvial (34.6%) de 4,000 a 6,000 mm, por año. Esto ratifica la lluvia promedio anual total.

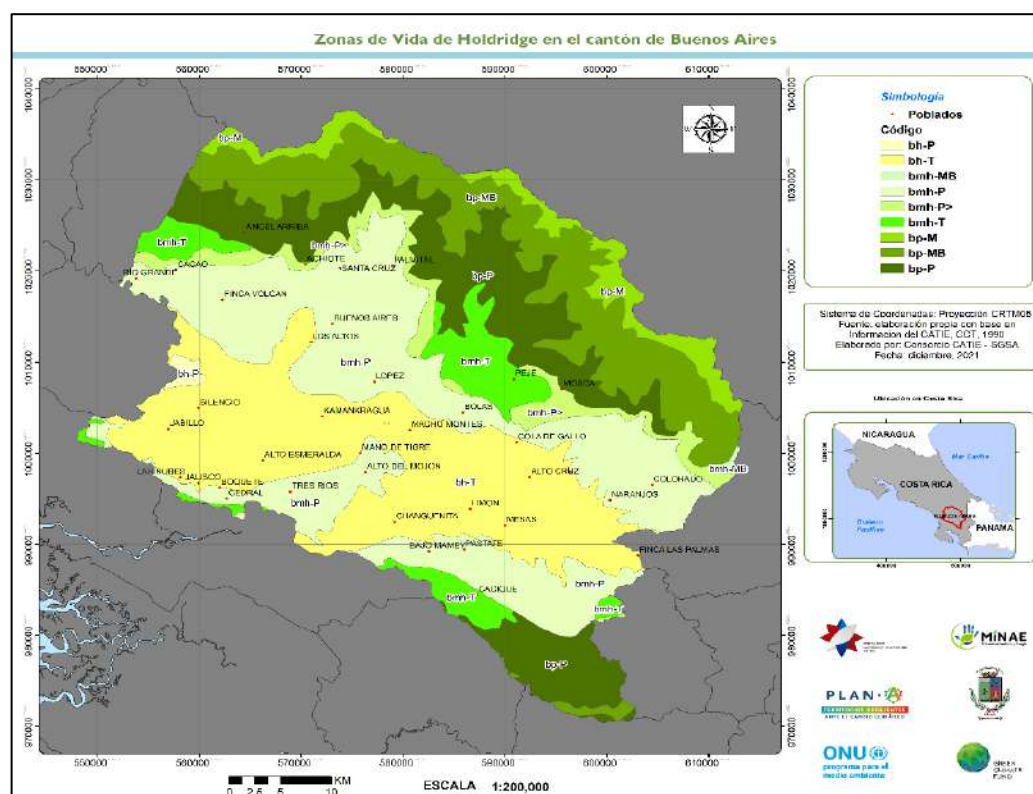


Figura 13. Zonas de vida en el cantón de Buenos Aires
Fuente: Elaboración propia, con base información CATIE (CCT, 1990)

En el Cuadro 5 se incluye el resumen de las áreas de las zonas de vida presentes en el cantón bajo estudio.

Cuadro 5. Zonas de Vida de Holdridge en el área de interés

No	Simbología	Descripción	Area (Km ²)	Porcentaje
1	bh-P	Bosque húmedo Premontano	8.9	0.4%
2	bh-T	Bosque húmedo Tropical transición a Premontano	606.2	25.4%
3	bmh-MB	Bosque muy húmedo Montano Bajo	2.9	0.1%
4	bmh-P	Bosque muy húmedo Premontano	688.9	28.9%
5	bmh-P>	Bosque muy húmedo Premontano transición a pluvia	101.6	4.3%
6	bmh-T	Bosque muy húmedo Tropical transición a Premonta	149.7	6.3%
7	bp-M	Bosque pluvial Montano	97.0	4.1%
8	bp-MB	Bosque pluvial Montano Bajo	351.3	14.7%
9	bp-P	Bosque pluvial Premontano	376.5	15.8%
Total			2382.9	100.0%

3.6 Uso de la tierra

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

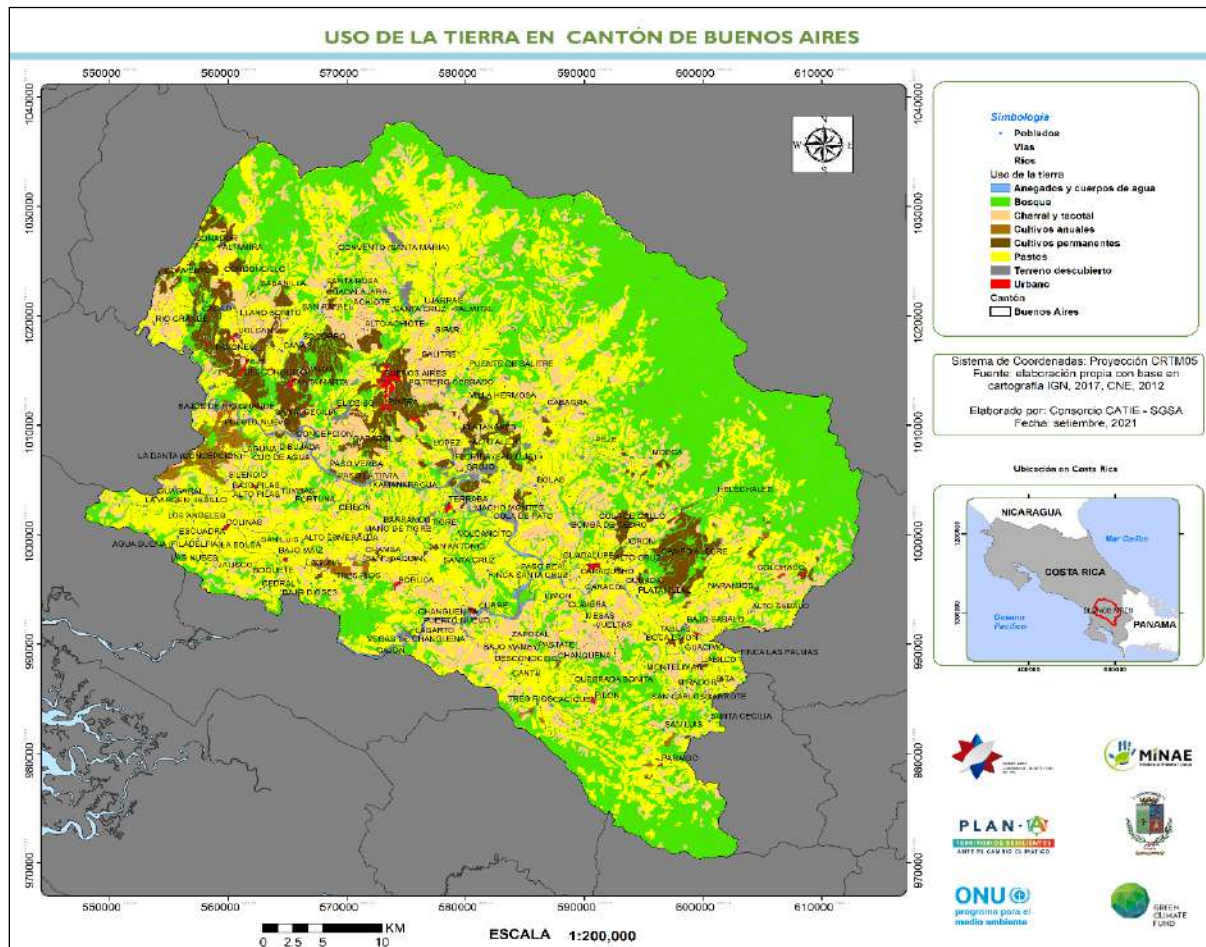


Figura 14. Uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires

Fuente: Elaboración propia, con base en ICE (2010) e información Orthofoto IGN-RN (2017).

En el Cuadro 6 se resumen las áreas de las categorías de uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires y en la Figura 15 a nivel del área del cantón. Con uso urbano, se tiene un 0,3%, en cultivos anuales 0,79%, cultivos permanentes un 5,03%, en bosque se tiene un 40,79%, en pastos un 33,41%, con 0,86% para suelos desnudos o descubiertos, y un 0,39% para manglares, áreas anegadas y cuerpos de agua. Esto es, la mayor intervención en el cantón es a nivel de pastos.

Cuadro 6. Áreas y porcentajes del uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires

Uso de la tierra	Area Km ²	Porcentaje
Anegados y cuerpos de agua	9.20	0.39%
Bosque	971.94	40.79%
Charral y tacotal	439.45	18.44%
Cultivos anuales	18.84	0.79%
Cultivos permanentes	119.90	5.03%
Pastos	796.14	33.41%
Terreno descubierto	20.39	0.86%
Urbano	7.08	0.30%
Total	2382.94	100.00%

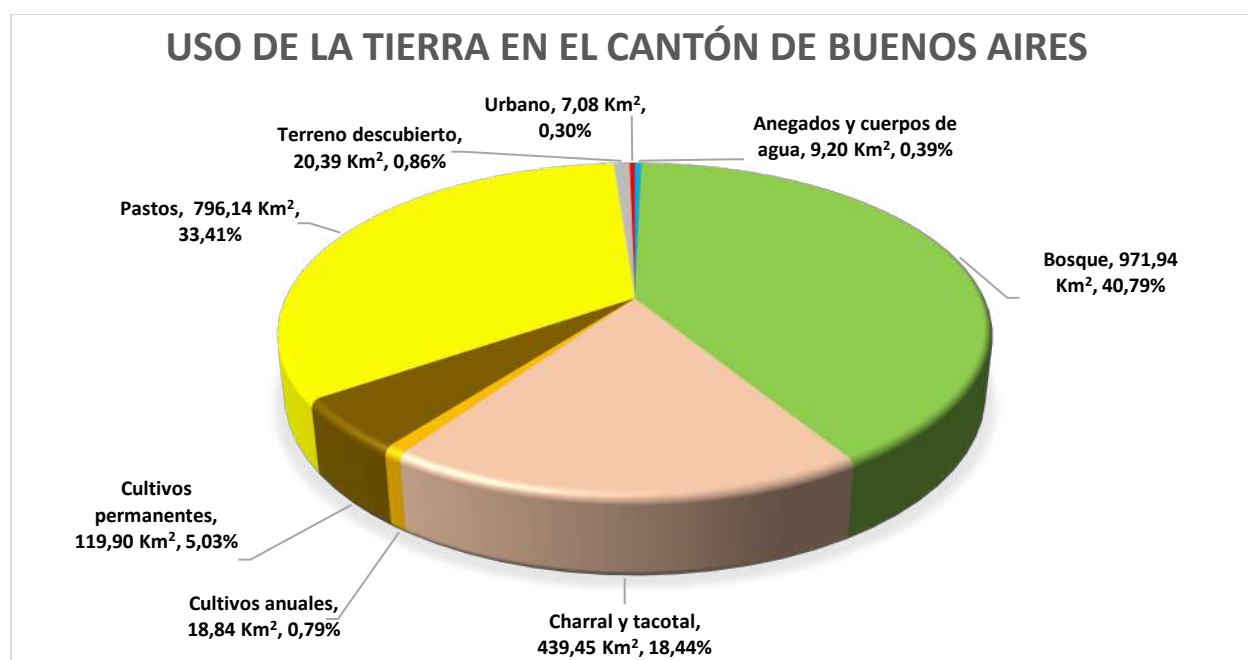


Figura 15. Áreas de los principales usos de la tierra en el cantón de Buenos Aires

Fuente: Elaboración propia

El 51,85% equivalente a 1235,69 Km², del área son pastos, charral y tacotales, con 42,03% o 1.001,5 Km² en condición natural (bosque, terreno descubierto, anegados y cuerpos de agua), o bien un 57,9% o 1374,3 Km², 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 Buenos Aires

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 Buenos Aires, el IDH al 2018 es de 0,72, compuesto por una esperanza de vida (ODS 4.3) de 82,3 con años. Se tiene en años promedio de escolaridad (ODS 4.6) un valor de 11,6, años y en consumo eléctrico per cápita 406, ubicándose el cantón de Buenos Aires en lugar 78 de 82 cantones⁷, considerado como alto PNUD (2018), valor que induce a sobre calificativo si se compara con indicadores de límites 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 0,598 con calificativo de medio. El índice de desarrollo por género (IDG) tiene un valor de 0,975, con calificativo de medio. Este índice refleja las desigualdades entre hombres y mujeres en los logros de las tres dimensiones básicas de desarrollo humano:

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

Al bajar a nivel distrital, en el Cuadro 7 se muestra el Índice de Desarrollo Humano (IDH) de MIDEPLAN (2017). Esto indica que el cantón se califica como muy bajo, y es muy bajo en todos los distritos menos en Buenos Aires y Brunka.

Cuadro 7. Distritos por cantones en área de análisis

Provincia	Cantón	Nombre Distrito	Código Distrito	Mujeres 2011	Hombres 2011	Población Total 2011	Area Km ²	Densidad hab./Km ²	IDS Distrito, MIDEPLAN, 2017	Posición IDS	Nivel	IDH
Puntarenas	Buenos Aires	Pilas	60305	790	869	1659	114.49	14	38.43	461	MB	
		Boruca	60304	1464	1610	3074	125.39	25	37.22	463	MB	
		Colinas	60306	637	734	1371	129.44	11	33.25	474	MB	
		Chánguena	60307	1235	1396	2631	273.19	10	36.03	469	MB	
		Biolley	60308	1181	1274	2455	210.61	12	43.60	441	MB	
		Potrero Grande	60303	2963	2993	5956	624.37	10	34.04	473	MB	
		Buenos Aires	60301	10733	10330	21063	556.35	38	49.88	389	B	
		Volcán	60302	1836	1979	3815	185.92	21	46.31	416	MB	
		Brunka	60309	1596	1624	3220	163.52	20	50.89	376	B	
Subtotal o promedio		9		22435	22809	45244	2383.27	19	41.07	440	MB	0.72

*En rojo la cabecera 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 8.

⁷ En la actualidad Costa Rica posee 84 cantones.

Cuadro 8. Calificación del IDS por MIDEPLAN (2017) y de IDH (2018) por PNUD

Nivel	Rango	Nivel IDH	Rango
Muy bajo	0 - 47,44	Alto	0.713 a 0.795
Bajo	47,45-62,01	Muy alto	0.795 a 0.924
Medio	62,02-76,87		
Mayor	76,88-100		

La población urbana/rural y por distrito al 2011, se resume en el Cuadro 9. La población total fue de 45244 habitantes, con 37,7% en zona urbana y 62,3% en zona rural, con una densidad del 19 hab./Km². Los distritos con mayor densidad poblacional son Buenos Aires, Boruca, Volcán y Brunka.

Cuadro 9. Población urbana/rural y por distrito al 2011,

Distrito	Urbano			Rural			Total		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Área (Km ²)	Densidad (hab./Km ²)
Buenos Aires	14031	6800	7231	7032	3533	3499	21063	556.35	37.9
Volcán	615	305	310	3200	1673	1527	3815	185.92	20.5
Potrero Grande	676	325	351	5280	2667	2613	5956	624.37	9.5
Boruca	454	220	234	2620	1387	1233	3074	125.39	24.5
Pilas				1659	870	789	1659	114.49	14.5
Colinas				1371	733	638	1371	129.44	10.6
Chánguena				2631	1396	1235	2631	273.19	9.6
Bioley				2455	1275	1180	2455	210.61	11.7
Brunka	1293	640	653	1927	985	942	3220	163.52	19.7
Total	17069	8290	8779	28175	14519	13656	45244	2383.27	19.0
Porcentaje	37.7%	18.3%	19.4%	62.3%	32.1%	30.2%	100.0%		

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, presentada en el Cuadro 10. Se proyecta que la población pasará de 45244 en el 2011 a 56721, con una densidad de 23,8 hab./Km²

En la gestión del riesgo, es común identificar grupos vulnerables como la población menor a 14 años y mayor a 65 años, por que requieren de soporte para trasladarse a un lugar seguro. En el 2025, se prevé que haya un 12,1% o 6848 personas en esta condición en el cantón de Buenos Aires.

Cuadro 10. Proyección de la población al 2025, por INEC (2014)

Disrito	Total	0 a 4	Mayor 65	Total GV	Porcentje GV	Área (Km ²)	Densidad (Hab./Km ²)
Buenos Aires	31604	547	2348	2895	9.16%	556.35	56.8
Volcán	3597	265	312	577	16.04%	185.92	19.3
Potrero Grande	6503	565	451	1016	15.62%	624.37	10.4
Boruca	3292	271	242	513	15.58%	125.39	26.3
Pilas	1735	147	120	267	15.39%	114.49	15.2
Colinas	1367	97	114	211	15.44%	129.44	10.6
Chánguena	2937	259	199	458	15.59%	273.19	10.8
Bioley	2554	202	204	406	15.90%	210.61	12.1
Brunka	3132	253	252	505	16.12%	163.52	19.2
Total	56721	2606	4242	6848	12.07%	2383.27	23.8

GV: grupo vulnerable

En el Cuadro 11, 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 54,8% (16788 personas).

Cuadro 11. Indicadores económicos por distrito, INEC (2011).

Distrito/Cantón	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
Buenos Aires	14 300	48.1	46.6	3.1	51.9	2.1	39.5	9.1	51.4
Volcán	2 706	43.3	41.4	4.4	56.7	2.3	66.9	10.0	23.1
Potrero Grande	3 882	39.3	37.1	5.8	60.7	2.9	61.6	7.4	31.1
Boruca	2 118	41.0	39.8	3.1	59.0	2.5	51.7	17.0	31.4
Pilas	1 124	43.9	43.8	0.2	56.1	2.4	86.4	2.2	11.4
Colinas	983	52.9	52.8	0.2	47.1	1.6	84.2	1.2	14.6
Chánguena	1 695	44.2	43.4	1.9	55.8	2.5	85.7	2.3	12.0
Biolley	1 691	44.4	43.8	1.2	55.6	2.3	72.9	6.3	20.8
Brunka	2 159	42.1	39.3	6.6	57.9	2.5	64.4	8.1	27.4
Buenos Aires	30 658	45.2	43.7	3.4	54.8	2.3	54.4	8.3	37.3

4.1 Territorios indígenas

Por las condiciones particulares del cantón de Buenos Aires, respecto a territorios indígenas se transcriben la descripción de los mismo, realizada por Quesada Thompson, G.T., Villalobos M. G, López M., D. (2021).

Territorio Indígena Salitre

El Territorio Indígena Salitre dentro del Cantón, se ubica en su totalidad en el distrito Buenos Aires. De acuerdo con el Censo de Población, 2011, este Territorio contaba con un total de 1 807 habitantes, de los cuales el 12.1% es población no indígena. Presenta una densidad de población de 14.3 hab/Km² (INEC, 2011). Al 2011, el 53.4% de la población indígena habla el idioma indígena. El 8.9% de las madres eran adolescentes, y 2.8 era el promedio de hijos por mujer en edad fértil. El 84.4% de los hogares presentó al menos una Necesidad Básica Insatisfecha. El 93.3% de la población es alfabeta. El 19.4% de las viviendas se encuentran hacinadas según dormitorios, la cantidad de habitantes por vivienda es de 4.6 personas. El 16.1% de las viviendas se encuentran en mal estado, el 26.5% de las viviendas cuenta con agua potable, el 61% de las viviendas cuenta con pozo negro o letrina y el 52.3% de las viviendas cuenta con electricidad.

Territorio Indígena Cabagra

El Territorio Indígena Cabagra dentro del Cantón, se ubica en los distritos Buenos Aires y Potrero Grande. De acuerdo con el Censo de Población, 2011, este Territorio contaba con un total de 3 188 habitantes, de los cuales el 25.9% es población no indígena. Presenta una densidad de población de 11 hab/Km² (INEC, 2011). Al 2011, el 43.6% de la población indígena habla el idioma indígena. El 9.1% de las madres eran adolescentes, y 2.4 era el promedio de hijos por mujer en edad fértil. El 78.1% de los hogares presentó al menos una Necesidad Básica Insatisfecha. El 92% de la población es alfabeta. El 16.6% de las viviendas se encuentran hacinadas según dormitorios, la cantidad de habitantes por vivienda es de 4.1 personas. El 20.7% de las viviendas se encuentran en mal estado, el 32.6% de las viviendas cuenta con agua potable, el 51.3% de las viviendas cuenta con pozo negro o letrina y el 65.2% de las viviendas cuenta con electricidad.

Territorio Indígena Boruca.

El Territorio Indígena Boruca dentro del Cantón, se ubica en los distritos Boruca, Pilas y Colinas. De acuerdo con el Censo de Población, 2011, este Territorio contaba con un total de 3 228 habitantes, de los cuales el 40% es población no indígena. Presenta una densidad de población de 24.4 hab/Km² (INEC, 2011). Al 2011, el 5.9% de la población indígena habla el idioma indígena. El 3.3% de las madres eran adolescentes, y 2 era el promedio de hijos por mujer en edad fértil. El 67.8% de los hogares presentó al menos una Necesidad Básica Insatisfecha. El 95.5% de la población es alfabeta. El 8.1% de las viviendas se encuentran hacinadas según dormitorios, la cantidad de habitantes por vivienda es de 3.6 personas. El 15.6% de las viviendas se encuentran en mal estado, el 45.8% de las viviendas cuenta con agua potable, el 21.4% de las viviendas cuenta con pozo negro o letrina y el 89.9% de las viviendas cuenta con electricidad.

Territorio Indígena Ujarrás.

El Territorio Indígena Ujarrás se ubica en el distrito Buenos Aires. De acuerdo con el Censo de Población, 2011, este Territorio contaba con un total de 1.321 habitantes, de los cuales el 15.3% es población no indígena. Presenta una densidad de población de 6.5 hab/Km² (INEC, 2011). Al 2011, el 71.4% de la población indígena habla el idioma indígena. El 7.4% de las madres eran adolescentes, y 2.2 era el promedio de hijos por mujer en edad fértil. El 80.5% de los hogares presentó al menos una Necesidad Básica Insatisfecha. El 85.9% de la población es alfabeta. El 11.7% de las viviendas se encuentran hacinadas según dormitorios, la cantidad de habitantes por vivienda es de 3.9 personas. El 11.1% de las viviendas se encuentran en mal estado, el 30.4% de las viviendas cuenta con agua potable, el 22.8% de las viviendas cuenta con pozo negro o letrina y el 54.4% de las viviendas cuenta con electricidad.

Territorio Indígena Coto Brus,

El Territorio Indígena Coto Brus, dentro del Cantón se ubica en el distrito Chánguena. De acuerdo con el Censo de Población, 2011, este Territorio contaba con un total de 1785 habitantes, de los cuales el 9.7% es población no indígena. Presenta una densidad de población de 18.4 hab/Km² (INEC, 2011). Al 2011, el 88.2% de la población indígena habla el idioma indígena. El 18.6% de las madres eran adolescentes, y 2.7 era el promedio de hijos por mujer en edad fértil. El 82% de los hogares presentó al menos una Necesidad Básica Insatisfecha. El 85.1% de la población es alfabeta. El 26.5% de las viviendas se encuentran hacinadas según dormitorios, la cantidad de habitantes por vivienda es de 4.9 personas. El 27.3% de las viviendas se encuentran en mal estado, el 34.4% de las viviendas cuenta con agua potable, el 60.1% de las viviendas cuenta con pozo negro o letrina y el 49.2% de las viviendas cuenta con electricidad.

Territorio Indígena Térraba,

El Territorio Indígena Térraba, dentro del Cantón se ubica en los distritos Potrero Grande, Boruca y Pilas. De acuerdo con el Censo de Población, 2011, este Territorio contaba con un total de 2 084 habitantes, de los cuales el 39.2% es población no indígena. Presenta una densidad de población de 22.3 hab/Km² (INEC, 2011). Al 2011, el 9.9% de la población indígena habla el idioma indígena. El 1.9% de las madres eran adolescentes, y 2.8 era el promedio de hijos por mujer en edad fértil. El 87.9% de los hogares presentó al menos una Necesidad Básica Insatisfecha. El 94.9% de la población es alfabeta. El 6.7% de las viviendas se encuentran hacinadas según dormitorios, la cantidad de habitantes por vivienda es de 3.7 personas. El 19.3% de las viviendas se encuentran en mal estado, el 16% de las viviendas cuenta con agua potable, el 19.1% de las viviendas cuenta con pozo negro o letrina y el 86.2% de las viviendas cuenta con electricidad.

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

El perfil local hace énfasis en los instrumentos de planificación que posee el cantón de Buenos Aires.

El artículo 1 del Código Municipal vigente desde 1981⁸ establece que el cantón promueve y administra sus propios intereses por medio del gobierno municipal.

Los instrumentos de planificación vigentes en el cantón comprenden:

- i. Plan Operativo de Trabajo
- ii. Plan estratégico de desarrollo (PEDM)
- iii. Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2013-2023 (PCDHL)
- iv. Plan Vial Quinquenal de Conservación y Desarrollo de la Municipalidad de Buenos Aires (PVQ)
- v. Plan regulador (PR)
- vi. Mesas de trabajo
- vii. Otros

I. Plan Operativo de Trabajo (POT)

Este es un instrumento de planificación política a corto plazo, se prepara anualmente por lo que cualquier acción que se desee realizar debe contar con la aprobación del Concejo. Es una herramienta que se puede aplicar a alguna medida de adaptación, siempre que cuente con contenido presupuestario y la aprobación respectiva. Cuenta con los siguientes ejes estratégicos:

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

II. Plan estratégico de desarrollo municipal (PEDM) 2011-2016

El Plan estratégico de desarrollo municipal no se actualizó en el periodo anterior. Actualmente está en proceso de elaboración para el periodo 2021-2026. Este es un instrumento de planificación estratégica, cuyos ejes estratégicos y objetivos se citan a continuación:

1. Desarrollo institucional municipal,
2. Equipamiento cantonal,
3. Medio ambiente,
4. Ordenamiento territorial,
5. Política social local,
6. Desarrollo económico local,
7. Servicios públicos e infraestructura vial

⁸ [Sistema Costarricense de Información Jurídica \(pgrweb.go.cr\)](http://SistemaCostarricensedeInformaciónJurídica(pgrweb.go.cr))

Objetivo

Promover una cultura participativa en los procesos de planificación institucional a mediano plazo que permita fortalecer la descentralización y modernización municipal para ejercer direccionalidad y liderazgo en los procesos de desarrollo humano local con participación ciudadana.

Como se indicó, actualmente está en elaboración un nuevo Plan Estratégico Municipal, en el que es de esperarse que uno de sus ejes sea el del cambio climático, ligado a la Gestión Integrada del Riesgo.

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

III. Plan Cantonal de Desarrollo Humano Local 2013-2023

Corresponde a un instrumento de planificación estratégica con ejes temáticos, objetivo y visión.

Ejes temáticos:

- 1- Políticas cantonales
- 2- Desarrollo económico sostenible
- 3- Desarrollo social y cultural
- 4- Gestión ambiental y ordenamiento territorial
- 5- Seguridad humana
- 6- Educación
- 7- Infraestructura
- 8- Servicios públicos
- 9- Participación ciudadana

Objetivo:

Desarrollo económico a través de la generación de ideas de negocio, el turismo y la producción agrícola.

Visión del instrumento:

Ser un cantón con un desarrollo humano y económico sostenible con el medio ambiente, con igualdad de oportunidades para toda la población; con una educación, seguridad humana e infraestructura de calidad, promoviendo los agronegocios, producción agrícola, el comercio, la industria y el turismo

IV. Plan Vial Quinquenal de Conservación y Desarrollo de la Municipalidad de Buenos Aires 2016-2020, en proceso para 2021-2026

Instrumento de planificación estratégica, con **ejes estratégicos:**

- 1- Seguridad vial
- 2- Control técnico
- 3- Participación ciudadana
- 4- Planificación
- 5- Contempla la variable ambiental

Objetivos:

- 1- Fortalecer la Red Vial Cantonal para tener una mejor transitabilidad
- 2- Mejores condiciones de desarrollo
- 3- Calidad de vida de la población del cantón.

Visión del instrumento

Contar con un Plan de Conservación, Desarrollo y Seguridad Vial que facilite los procesos de organización y desarrollo de obras físicas y sociales en pro del mejoramiento y la estructura vial del cantón.

En el marco del desarrollo y la seguridad vial que compete a este instrumento, es importante que la inclusión de medidas de infraestructura resiliente no sea únicamente en forma reactiva para atender problemas existentes, sino que debe ser un instrumento real de planificación. Preocupa por parte de la Municipalidad que sea desarrollado únicamente por un departamento municipal y que no se tome en cuenta una visión integral prospectiva, como las zonas de riesgo y la variable del cambio climático, sino sólo reactiva como ha venido realizándose. Por esta razón, esto conlleva a la revisión de la gobernanza referido a la respuesta que da el gobierno local a las diversas necesidades sociales, políticas y económicas, del territorio local y las propias del país, incluyendo el componente sectorial.

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.

V. Plan regulador del cantón de Buenos Aires

Es un instrumento de planificación territorial cantonal, que debe cumplir las escalas apropiadas indicadas por la legislación. El cantón cuenta con el Plan del 2004, que, aunque es de aplicación indefinida, resulta en un instrumento desfasado después de casi 20 años, que requiere la realización de los (IFAs) y la integración de la variable de cambio climático.

VI. Mesas de trabajo

Las mesas de trabajo son un punto de encuentro para el desarrollo de proyectos y lugar de intercambio de experiencias y conocimientos de los profesionales. Se menciona en Buenos Aires, en particular, que pueden ser un instrumento valioso para la implementación del Plan de Adaptación, como alternativa al comité de cambio climático propuesto. Esto será evaluado en el análisis de gobernanza en la siguiente fase del proyecto.

Los instrumentos existentes integran los resultados de análisis de riesgo por amenazas climáticas y otras, y proponen/integran medidas de adaptación desde la gestión del riesgo hacia obras civiles, 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 Buenos Aires no está consolidada la gestión del riesgo, y 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 forma reactiva con grandes costos anuales asociados. Por ello, el plan de acción para la adaptación climática y las medidas de adaptación que paulatinamente se logren integrar en los instrumentos de planificación territorial existentes, deben asegurar la sostenibilidad de su implementación a nivel local. En la Figura 16 se presentan los instrumentos asociados a los plazos de ejecución.

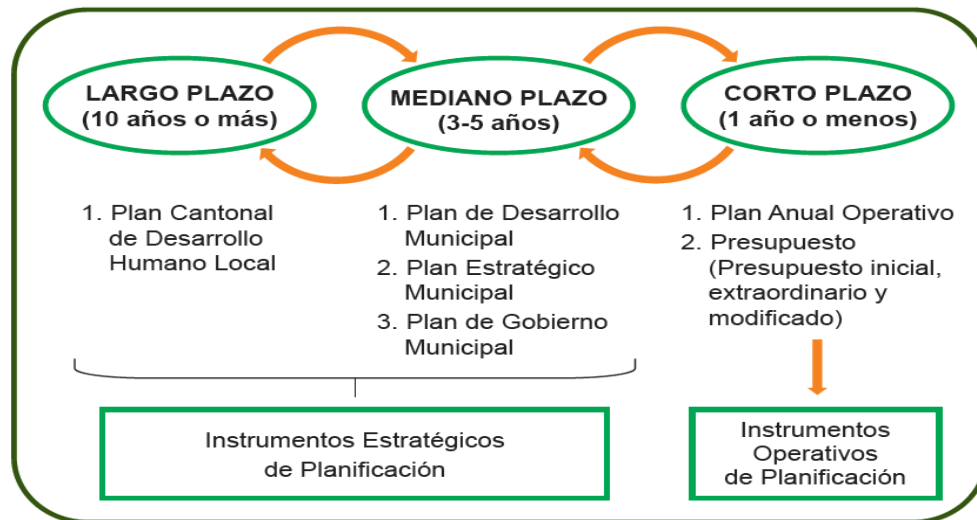


Figura 16. Instrumentos de la Planificación Municipal
Fuente: SGSA, CNE (2014)

6. Perfil climático

El perfil climático se elaboró a partir de información disponible para el cantón de Buenos Aires, de estudios provenientes de las instituciones, valorada y seleccionada para la modelación y los propósitos de este trabajo. La cartografía base empleada es del IGN y RN (2017) y se cuenta con información climática de estudios del ICE (2010) y de amenaza de CNE (2013).

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

Los informes de la CNE – ratificados por los actores locales – indican que hay ríos y quebradas, que provocan inundaciones recurrentes. Algunas causas son la ocupación de las planicies de inundación, el desarrollo urbano en forma desordenada y sin ninguna planificación y en muchos casos 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, que reduce la capacidad de la sección hidráulica, y provoca el desbordamiento de ríos y quebradas. Esta situación ha sido generada por la construcción de viviendas cercanas a los ríos en el cantón de Buenos Aires. Las zonas o barrios que pueden ser más afectados y con alto riesgo por las inundaciones y avalanchas de los ríos y quebradas antes mencionadas son: El Brujo, Cabagra, Barrio Cedro, Potrero Grande, B. Sábalo, Platanillal, Ujarrás, Ceibo, Volcán, Cajón, Lagarto, Puerto Nuevo, Curré, Las Vegas, Guadalajara, San Rafael, Cañas, Platanillal, Limón y Florida.

Las características topográficas y geológicas propias del cantón de Buenos Aires lo hacen vulnerable a la inestabilidad de laderas, sobre todo hacia el Norte, Noreste y Suroeste del cantón, donde la pendiente del terreno es más abrupta. Los poblados más vulnerables son: San Rafael, Guacará, Jabillo, Maíz de Boruca, Bojaral, Térraba, Puerto Nuevo, Curré, Cabagra, Chánguena, Pílon, Paraíso. Además, son susceptibles a inestabilidad de suelos aquellos lugares donde se han practicado cortes de caminos y rellenos poco compactos. Los efectos más importantes de los deslizamientos son sepultamiento de viviendas, daños a diversos caminos, flujos de lodo, generados por represamientos de ríos, afectando sobre todo aquella infraestructura localizada cerca del cauce del río o dentro de la llanura de inundación de estos, y daños a ganadería y cultivos.

Las recomendaciones de la CNE (2021) respecto a inundaciones y flujos de lodo es evitar la ocupación de las planicies de inundación de los ríos por asentamientos formales o informales, evitar así mismo la deforestación de las cuencas altas y medias e impulsar programas de uso sostenible de recursos naturales. De esta manera, se brindan las siguientes recomendaciones, tomando en cuenta los lineamientos para amenazas dados por la Guía de Gestión Municipal del Riesgo⁹ (SGSA y CNE, 2014a) y la Guía de Planificación y presupuestación¹⁰ (SGSA y CNE, 2014b); esta última muestra la herramienta del Marco Lógico que se ha aplicado con éxito en el quehacer de la gestión del riesgo municipal. A continuación se detallan algunas recomendaciones puntuales incluidas en las guías antes mencionadas:

- Velar porque todo uso de la tierra se acoja a las restricciones señaladas en el plan regulador del cantón, si existiese. En caso de ausencia de plan regulador, acogimiento a

⁹ [Gestión Municipal del Riesgo Ordenamiento Territorial.pdf \(cne.go.cr\)](#)

¹⁰ [Guía Municipal del Riesgo de Desastres planificacion y presupuestacion.pdf \(cne.go.cr\)](#)

las normativas de uso establecidas por la municipalidad o bien cualquier otra regulación particular que exista sobre sitios de alto riesgo, emitida por la CNE o las autoridades competentes.

- Fomentar programas de educación ambiental y de uso de la tierra con fines de construcción, para evitar la contaminación de los ríos y quebradas, con desechos sólidos y otros, así como establecer brigadas de vecinos para la limpieza y mantenimiento de los desagües y cauces de agua.
- Planificar adecuadamente el envío de aguas servidas, negras y pluviales que fluyen de las diferentes urbanizaciones, y que aumentan el caudal de los ríos, provocando inundaciones y problemas de salud en períodos de lluvias intensas, y cuando se presentan otros eventos hidrometeorológicos tal como: frentes fríos, vaguadas, temporales, tormentas y depresiones tropicales, etc. Evitar el principio perverso del que contamina paga.
- Cambiar la práctica de quema de basuras y promover la recolección de desechos, así como la educación para evitar incendios forestales y la cacería o hurto de especies.
- Buscar los mecanismos adecuados con otras instituciones del Estado, organismos no gubernamentales (ONG's), vecinos y empresa privada para poner en práctica obras de protección de las márgenes de los ríos o los cauces, para reducir la posibilidad de inundaciones, siempre que vengan avaladas por estudios hidrológicos hidráulicos del sitio.
- Que los grupos organizados del cantón de Buenos Aires formen grupos de vigilancia de las cuencas de los ríos que pasan cerca de los centros de población para evitar que inundaciones y avalanchas tomen por sorpresa a la población en época de lluvia con alta intensidad, esto es impulsar sistemas de vigilancia -alerta comunitaria continua.
- Evitar la concesión de permisos de construcción sobre laderas de fuerte pendiente o al pie de estas, igual restricción se debe aplicar para sectores donde existen antecedentes de inestabilidad de laderas y que hayan sido reportados por las autoridades municipales y la CNE.
- En sectores donde existan fallas geológicas, es importante mantener una franja de no construcción a ambos lados de la traza de falla y la valoración de la misma por parte de especialistas en esta materia.
- Dar seguimiento a los permisos de construcción o intervenir los mismos en los casos que se compruebe que la práctica constructiva o la calidad de los materiales no es la más adecuada, de tal manera que garantice su resistencia a los sismos, con apoyo del CFIA y la CNE.
- Controlar los permisos de construcción sobre rellenos y/o terrenos arcillosos, o propensos a licuefacción, pues en general estos no reúnen las condiciones adecuadas para ello.
- Considerar aquellas áreas vulnerables a las diferentes amenazas cuando sean planeadas y diseñadas obras de infraestructura de importancia comunal (rellenos sanitarios, acueductos, caminos etc.); recordar el lema: “no hemos vivido el evento máximo”.

A continuación, se analizan las amenazas relacionadas a la VC y del CGA, que se han detectado en el cantón de Buenos Aires, 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, piscícola y avícola, y afectación a los ecosistemas. 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. Se presentan en la Figura 17.

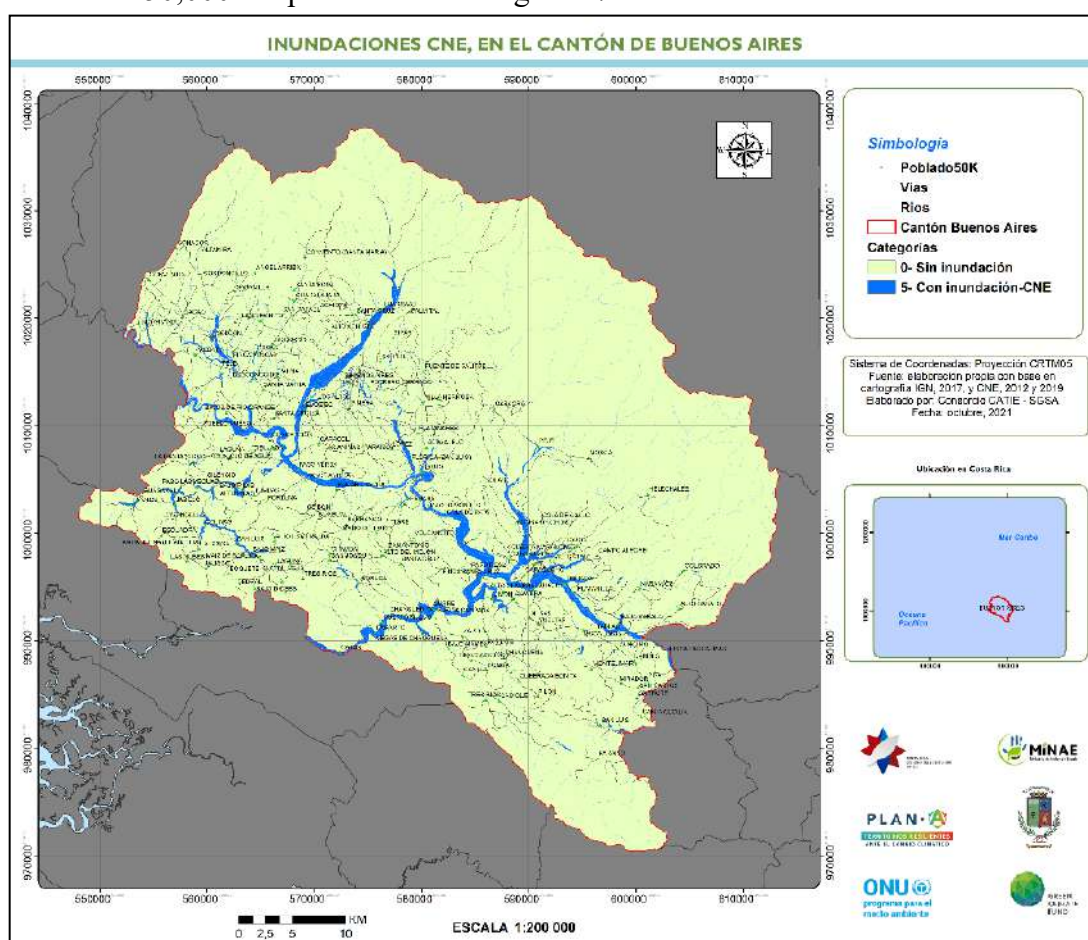


Figura 17. Inundaciones y flujos de lodo en el cantón de Buenos Aires

6.1.2 Inestabilidad de laderas

En la Figura 18 se incluye la información de deslizamientos de la CNE en el cantón de Buenos Aires, incluyendo las coronas con un buffer de 50 metros y los deslizamientos demarcados por la CNE. La CNE reporta áreas de deslizamiento en los bordes de los cauces principales. Aunque los afectos de corte y taludes en carreteras no se incluyen en esta representación debido a su tamaño pequeño, son de gran impacto en el transporte y ocasionan daños locales y/o personales.

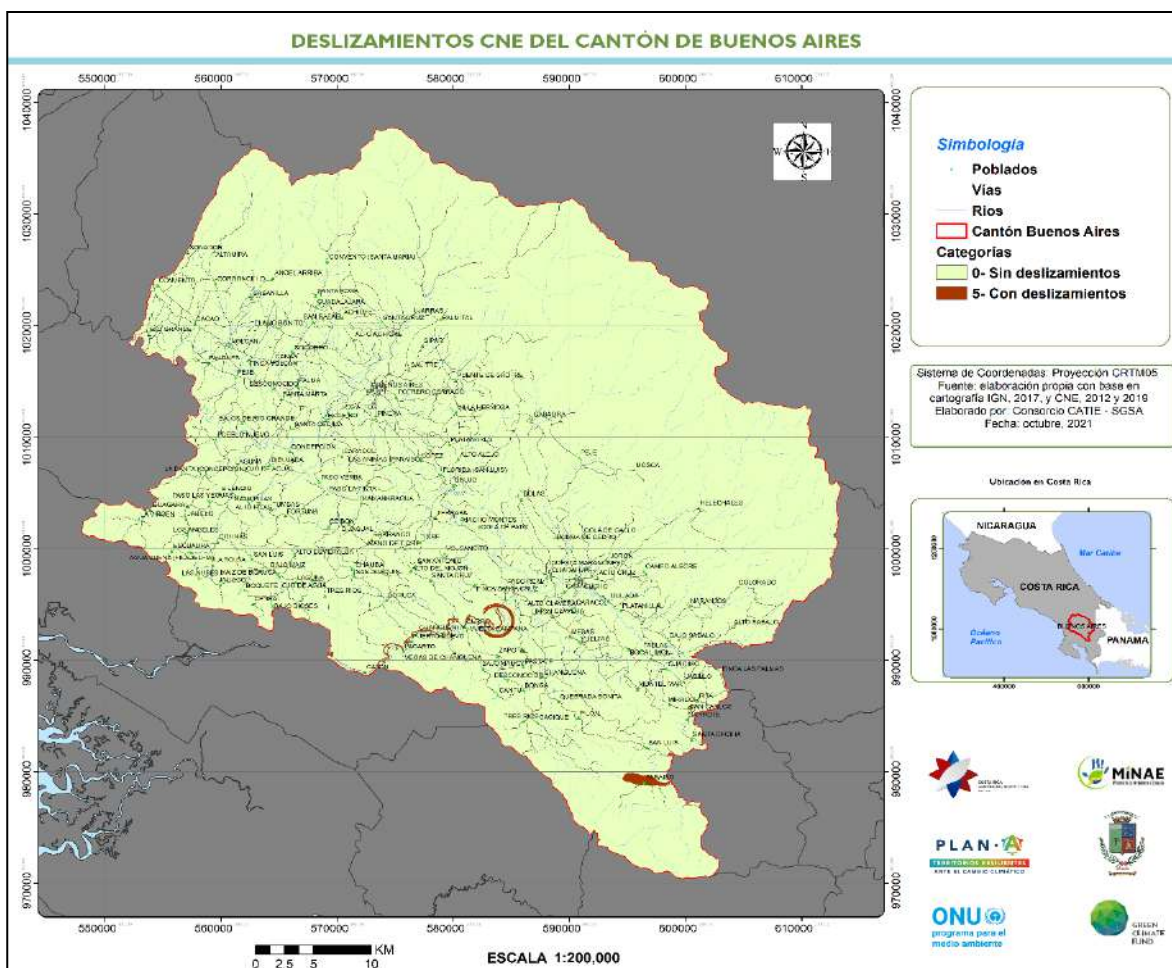


Figura 18. Inestabilidad de laderas en el cantón de Buenos Aires (Fuente: CNE, en SNIT¹¹)

6.1.3 Erosión laminar

La erosión laminar u arrastre de partículas superficiales, así como los elementos nutritivos, por un exceso de lluvia o riego, se determina por medio de la ecuación de pérdida universal de suelos (USLE, por sus siglas en inglés), obteniendo un mapa de erosión laminar calculada en toneladas por hectárea por año (ton/ha/año). Este mapa se incluye en la Figura 19. En el Anexo 3 se incluye los factores utilizados para obtener la erosión laminar.

¹¹ Sistema Nacional de Información Territorial, revisado en junio 2021, [SNIT \(snitcr.go.cr\)](http://snitcr.go.cr)

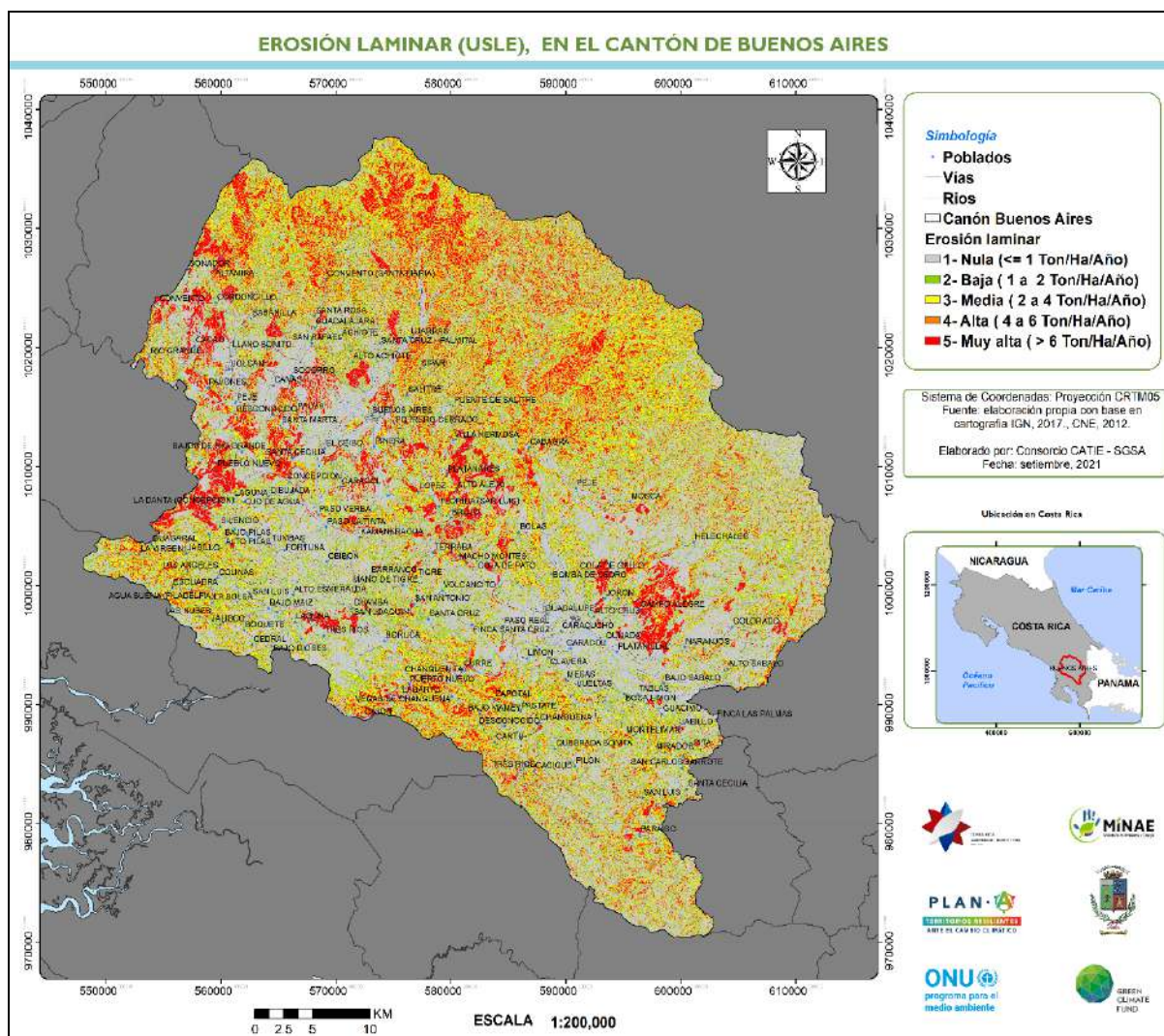


Figura 19. Erosión laminar en el cantón de Buenos Aires.

Esta es una aproximación sobre el estado actual de la erosión laminar del suelo con los datos disponibles, en cuanto a erosividad de la lluvia, erodabilidad de los suelos, pendientes y longitud de esta y la cobertura de la tierra. En la Figura 19 se resumen por rangos de erosión en Ton/Ha año, la pérdida a suelos en el cantón de Buenos Aires. En el Cuadro 12 y la Figura 20 se muestran las áreas y porcentajes de la erosión.

Cuadro 12. Erosión laminar en el cantón de Buenos Aires

Código	Erosión (Ton/Ha/Año)	Área Km ²	Porcentaje
1	Nula (<= 1)	1131,12	47,54%
2	Baja (1 a 2 Ton/Ha/Año)	412,32	17,33%
3	Media (2 a 4 Ton/Ha/Año)	369,43	15,53%
4	Alta (4 a 6 Ton/Ha/Año)	152,36	6,40%
5	Muy alta (> 6 Ton/Ha/Año)	314,24	13,21%
Total		2379,47	100,00%

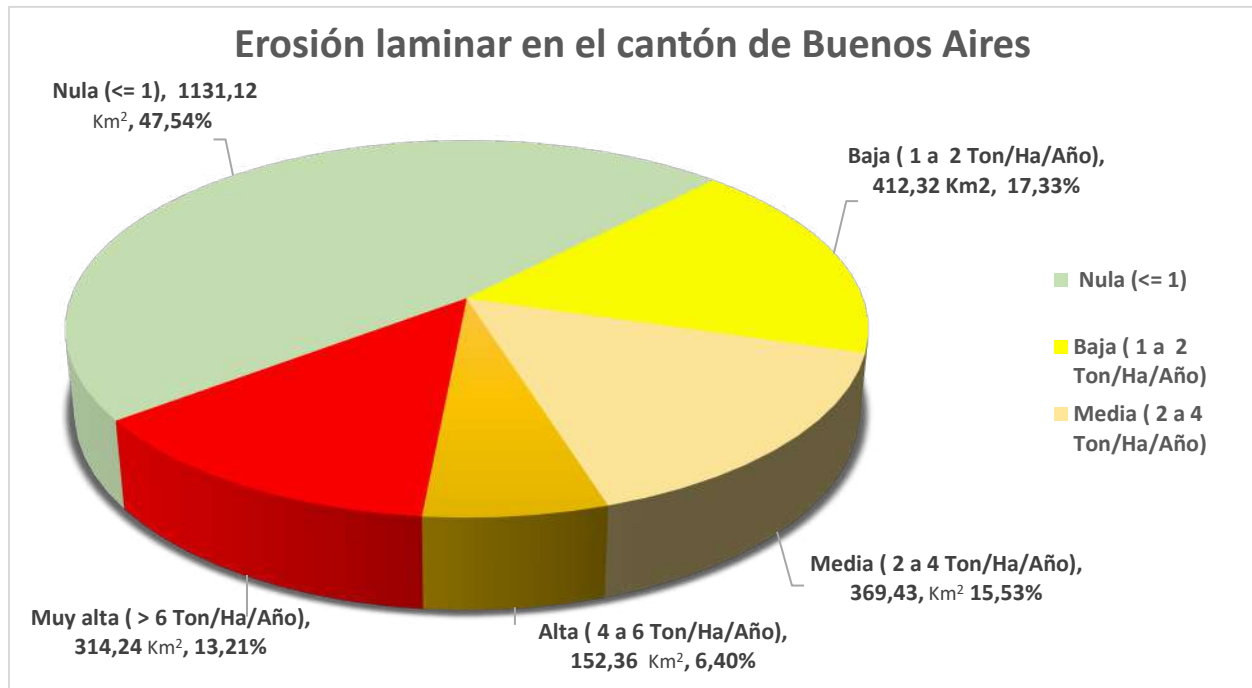


Figura 20. Áreas y porcentajes de erosión laminar en el cantón de Buenos Aires
Fuente: elaboración propia

Hay aproximadamente un 20% o 466 Km² del territorio con una condición alta y muy alta de producción de la erosión laminar, lo que requiere la implementación de medidas de protección y conservación de suelos en las zonas de mayores pendientes.

6.1.4 Inestabilidad de laderas

En el Anexo 2, se incluye un análisis de inestabilidad de laderas por la metodología de Mora S. y Vahrson G. (1994) En la Figura 21, se presenta el producto final de este análisis. El Cuadro 13 resumen las áreas de inestabilidad de laderas en el cantón de Buenos Aires.

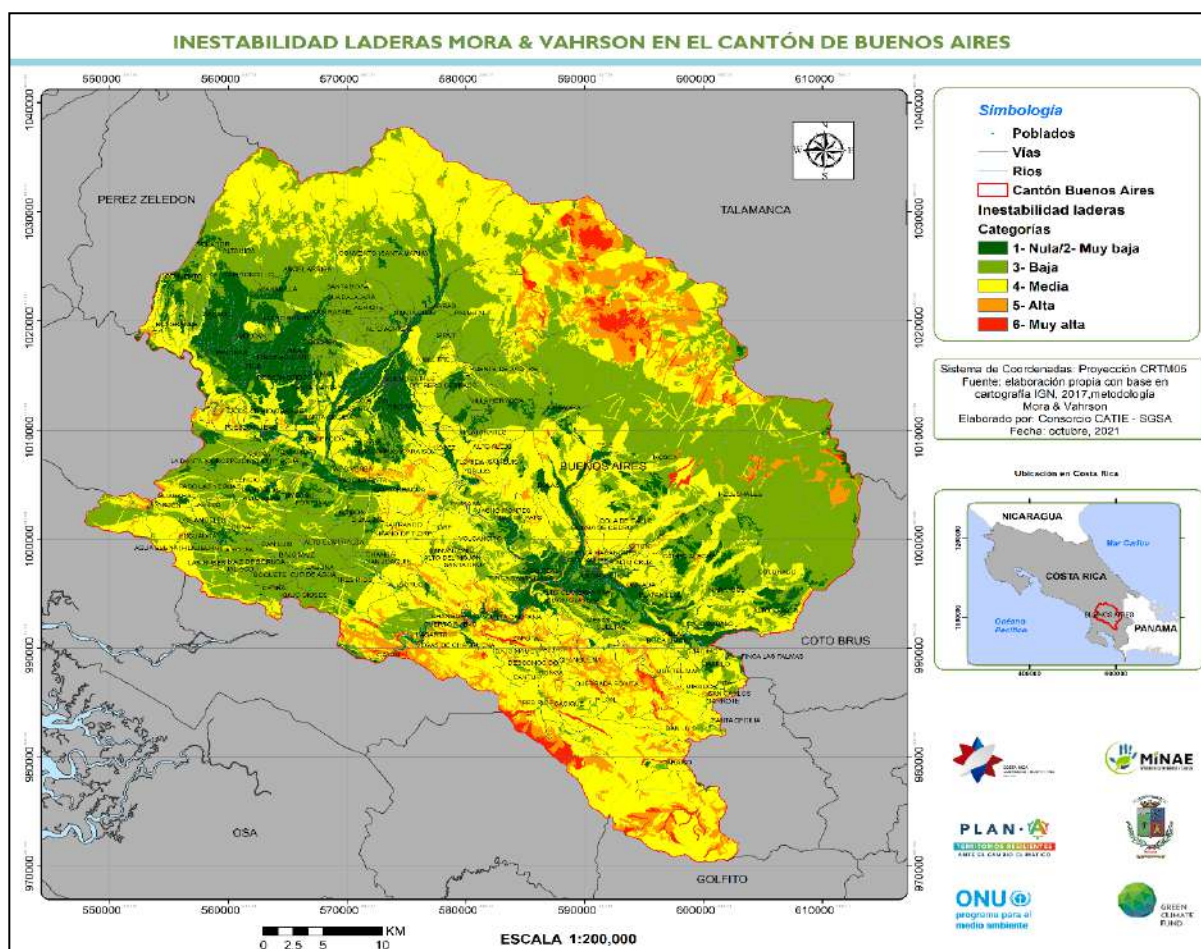


Figura 21. Inestabilidad de laderas en el Cantón de Buenos Aires, a partir de la metodología de Mora y Vahrson (1994)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13. Inestabilidad de laderas en el cantón de Buenos Aires

Código	Inestabilidad laderas	Área Km ²	Porcentaje
1	Nula o muy baja	268.85	11.28%
2	Baja	886.39	37.20%
3	Media	1019.56	42.79%
4	Elevada	170.37	7.15%
5	Muy elevada	37.70	1.58%
Total		2382.87	100.00%

En la Figura 22 se incluyen las áreas y porcentajes de la inestabilidad de laderas en el cantón de Buenos Aires.

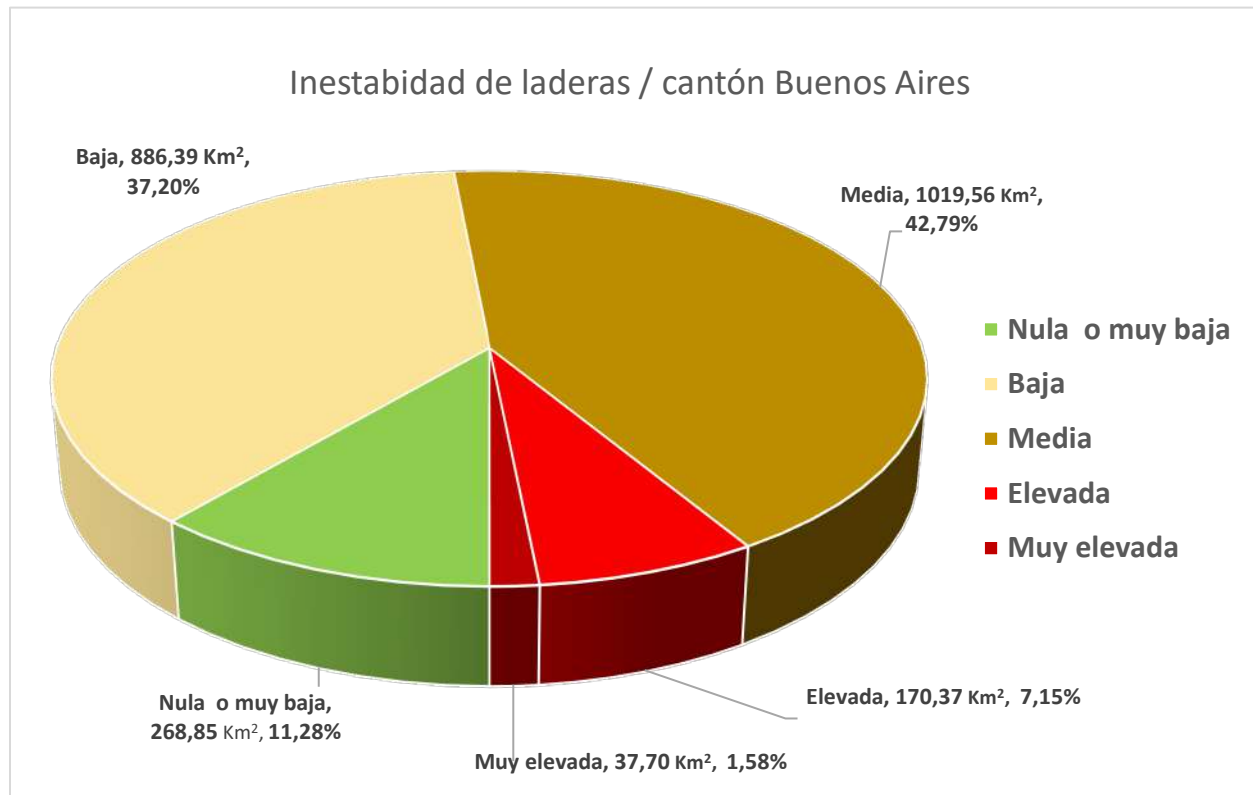


Figura 22. Áreas y porcentajes de inestabilidad de laderas en el cantón de Buenos Aires
Fuente: elaboración propia

6.1.5 Incendios forestales

En cuanto a incendios, se recurrió a los eventos de puntos de calor del 01 de enero 2003 al 01 de agosto 2021 en el ámbito diarios, que mantiene en 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 (CONABIO¹², 2021). Esta información se preparó desde el nivel diario a nivel anual, conservando la fecha de cada evento.

La Figura 23 muestra la distribución de puntos del calor e incendios registrados para el cantón de Buenos Aires.

¹² Acceso a la base de datos en [Sistema de Alerta Temprana de Incendios \(conabio.gob.mx\)](https://sistema.de.alerta.temprana.de.incendios.conabio.gob.mx)

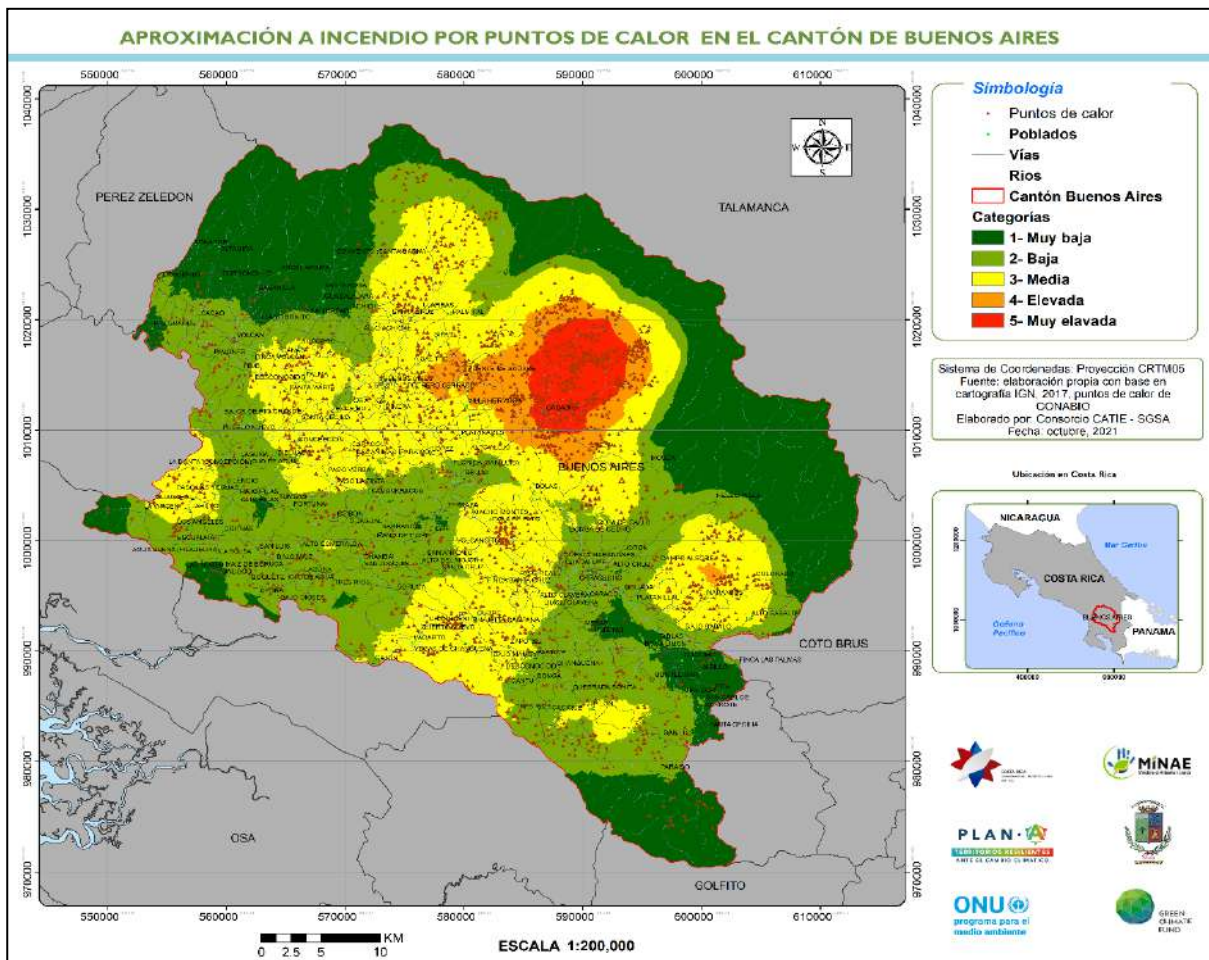


Figura 23. Incendios forestales en el cantón de Buenos Aires

Aunque los eventos de puntos de calor son un indicativo de los incendios forestales, esto se debe comprobar. Si bien es una aproximación de dónde se han producido los incendios forestales y que se pueden asociar a prácticas agrícolas o actividades de cacería, principalmente en la parte alta central del cantón de Buenos Aires, también la práctica de quema de basuras provoca falsas estimaciones de los incendios forestales, pues la quema implica mayores puntos de calor y no necesariamente incendios forestales.

6.1.6 Conflictos del uso de la tierra

Las divergencias o conflictos del uso de tierra, se incluye en la Figura 24 y el resumen de las áreas por categoría de conflictos en el Cuadro 14. El Anexo 5 detalla la metodología utilizada para su obtención a partir del uso de la tierra y la capacidad de los suelos preparado para este fin.

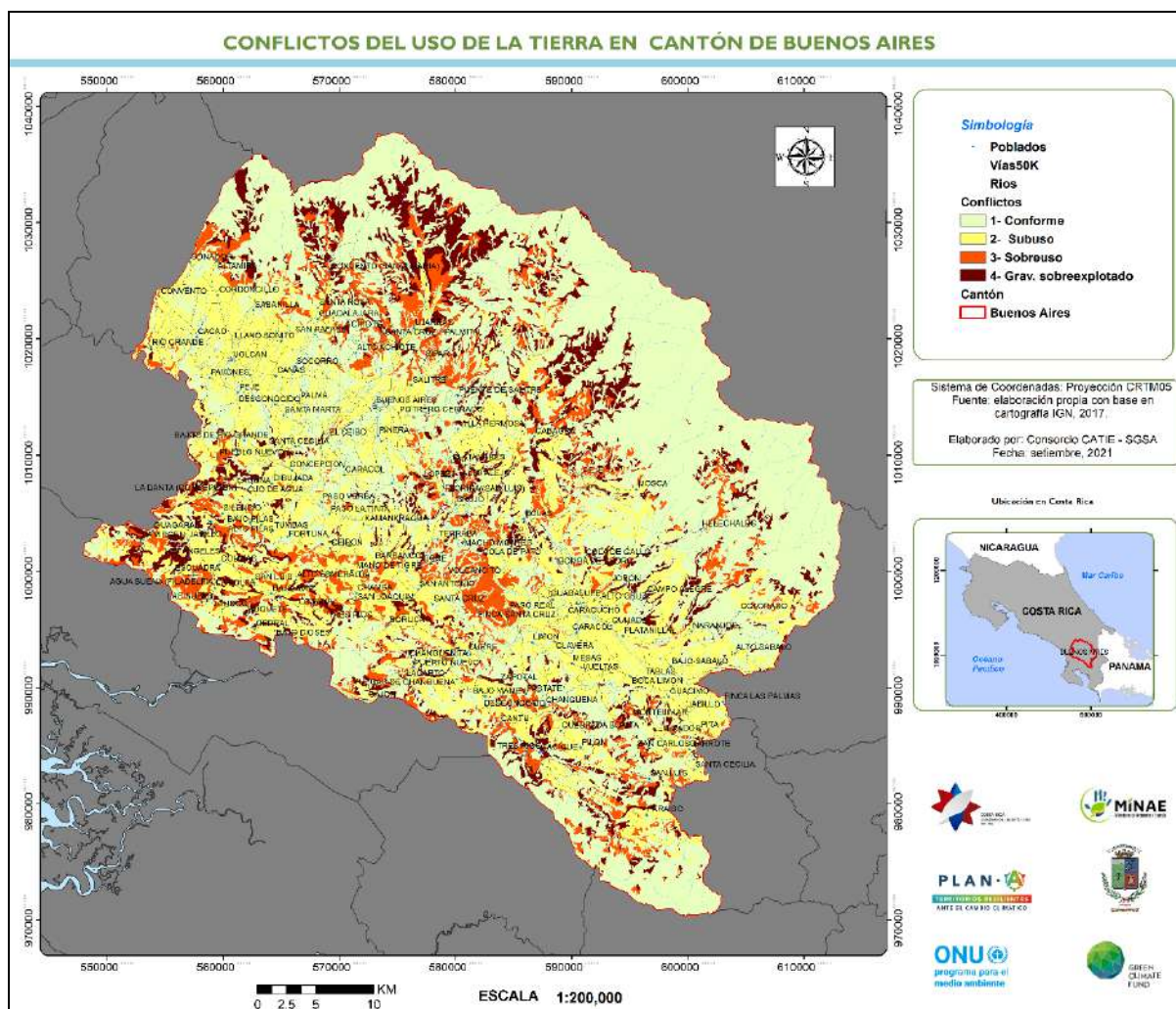


Figura 24. Divergencias del uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires

Fuente: Elaboración propia con base en mapas elaborados en este informe

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

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

Dado que el análisis se realiza a nivel de archivos ráster con píxel de 10 metros, hay una pequeña diferencia despreciable en el cálculo de las áreas. Aun así, el análisis de conflictos muestra que un 9,3% aproximadamente 222,4 Km² están es condición de sobreexplotado, y un 9.4% equivalente a 224 Km² gravemente sobreexplotado; en una condición conforme el 54,7% o 1303 Km², y un 26,6% o 633 Km² subutilizados. En la Figura 25 se presentan las áreas y sus porcentajes, para el

cantón de Buenos Aires. Así, es necesaria la adaptación a la condición la variabilidad del clima e implementar 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 solifluxión, deben recibir medidas de adaptación para su mejoramiento, utilizando técnicas de conservación y restauración de suelos.

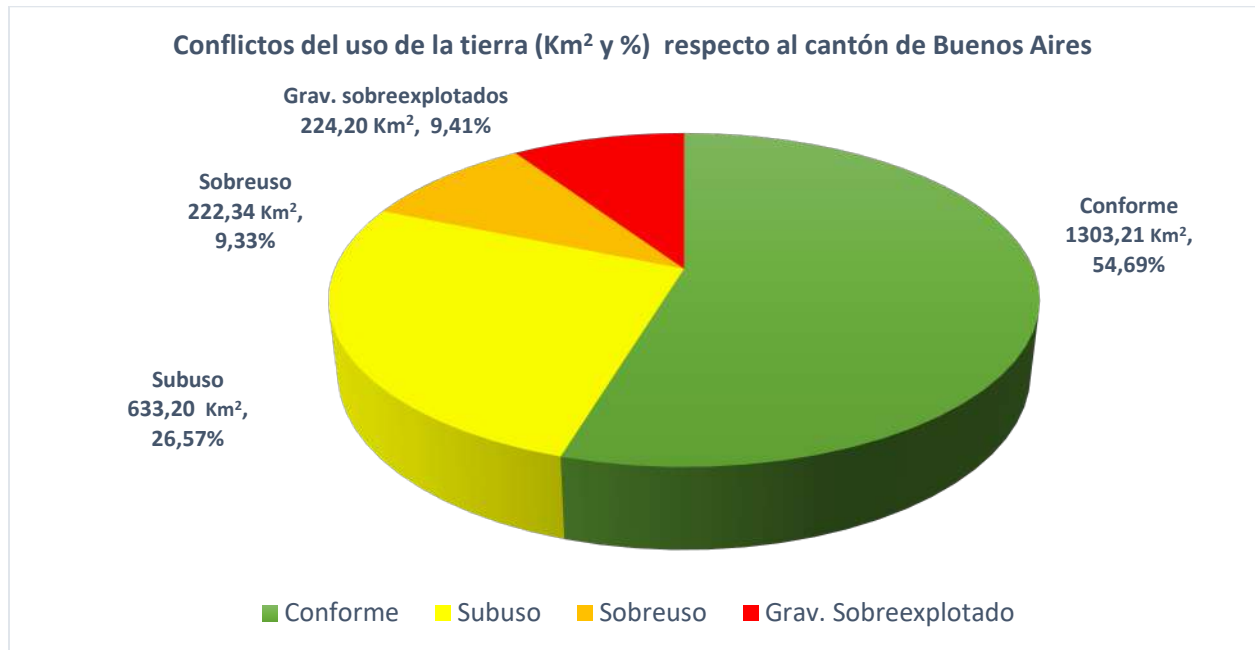


Figura 25. Conflictos del uso de la tierra en el cantón de Buenos Aires

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 26, se muestran las multiamenazas del cantón de Buenos Aires. Este producto se muestra como referencia, porque el análisis se integra en este estudio a nivel de exposición.

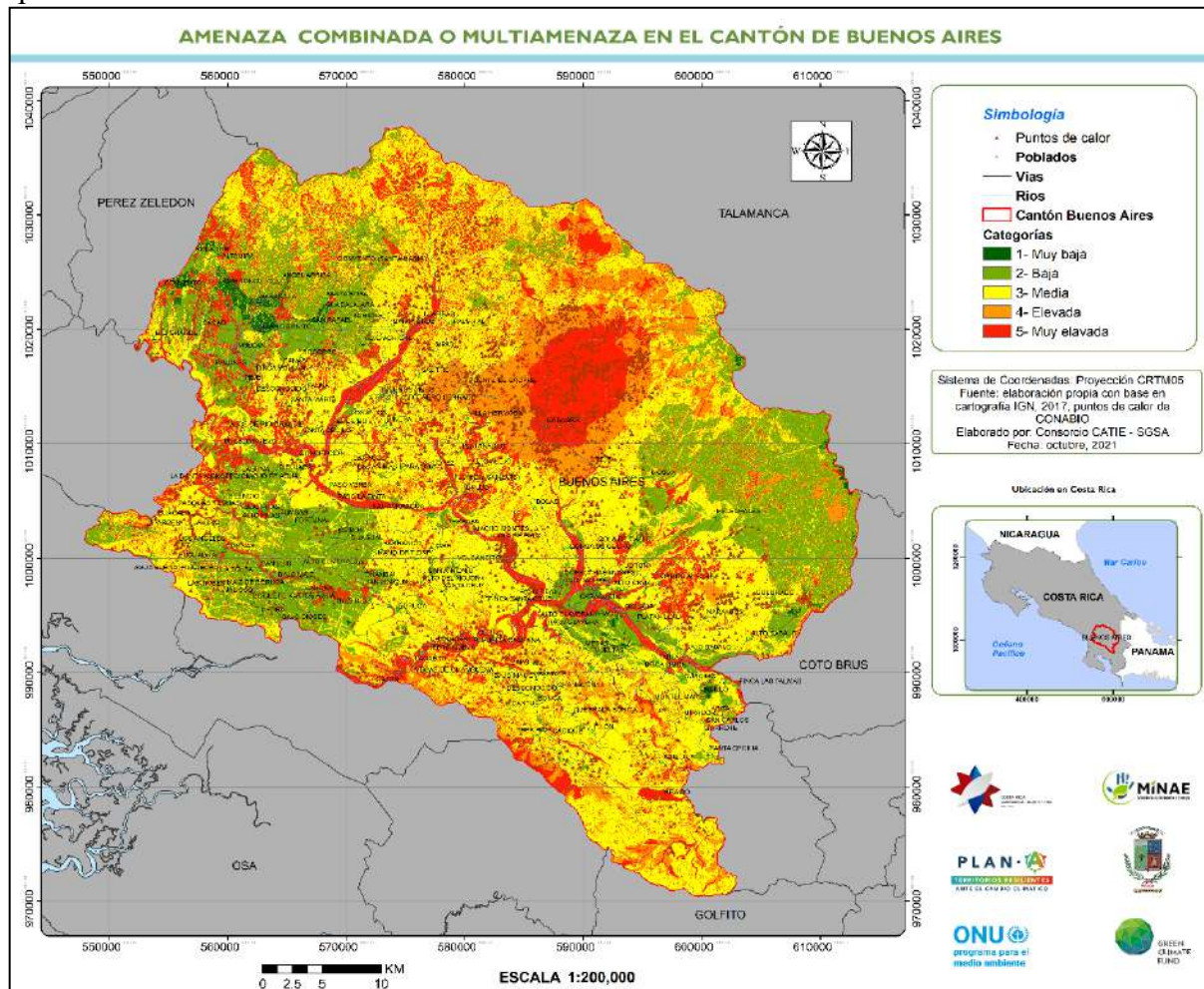


Figura 26. Multiamenazas¹³ en el cantón de Buenos Aires

Aunque el mapa muestra todas las amenazas que se darían potencialmente en el cantón su propósito es de información al usuario más que de análisis, porque al llevarse a 5 categorías de muy bajo o nulo a muy elevados, se pierde conocer cuál es la amenaza que provoca el valor y tampoco representa la ocurrencia temporal del evento.

¹³ Es poco probable que todas las amenazas se den en un mismo tiempo y espacio, y se incluye aquí con propósitos de utilizarse digitalmente pues en su tabla asociada se mantiene los valores de cada amenaza.

6.1.8 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 representada por el P90 actual se definió como se presenta en la Figura 27. Los valores del P90 van de un mínimo en 4,63 mm/día a un máximo en 10,93 mm/día con una media de 7,5 mm/día.

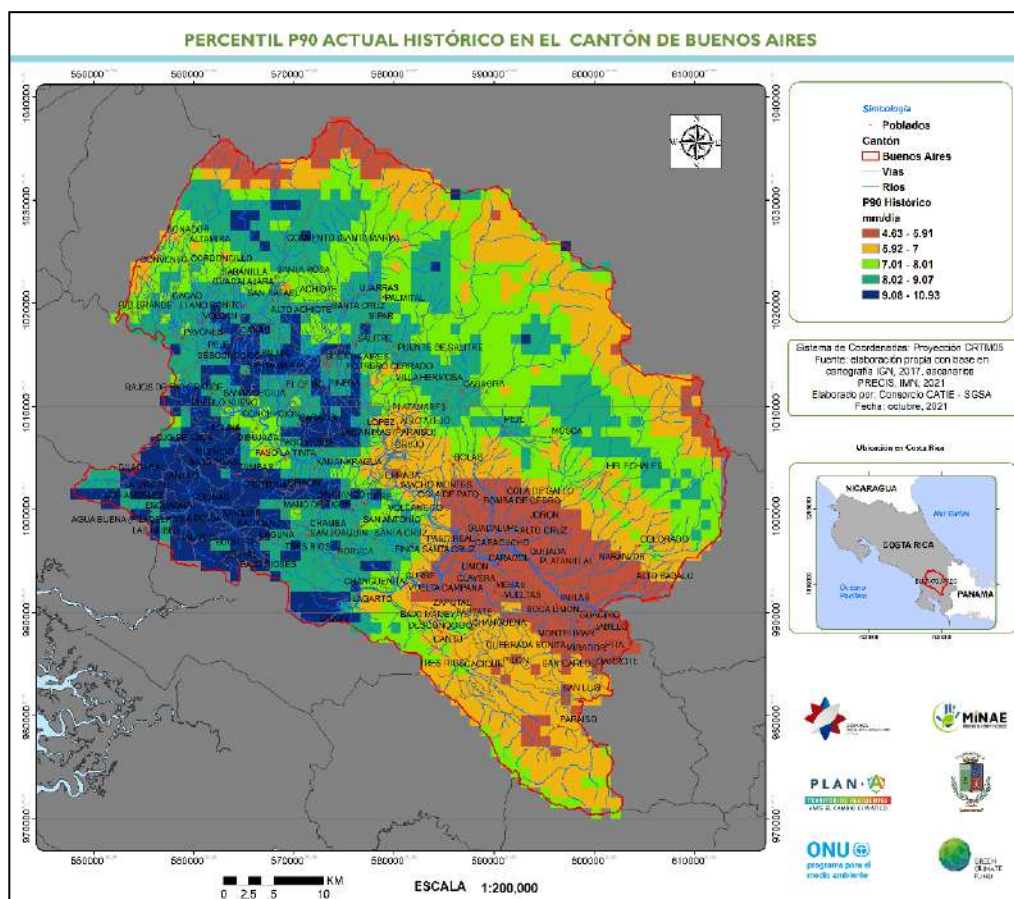


Figura 27. Percentil 90 – actual

El IMN, basado en el modelo PRECIS, suministró escenarios de cambio climático, referidos a RCP2.6 cercano y medio y RCP8.5 cercano y medio, así como el actual. En las Figuras 28, 29, 30 y 31 se muestran los escenarios RCP2.6A, RCP2.6B, y RCP8.5A y RCP8.5B, respectivamente. Para el RCP2.6A los valores van de un mínimo 4,5 a un máximo de 11,53, con una media de 7,49. Y para el RCP2.6B, los valores van de un mínimo 4,64 a un máximo de 12,26, con una media de 7,72 mm/día.

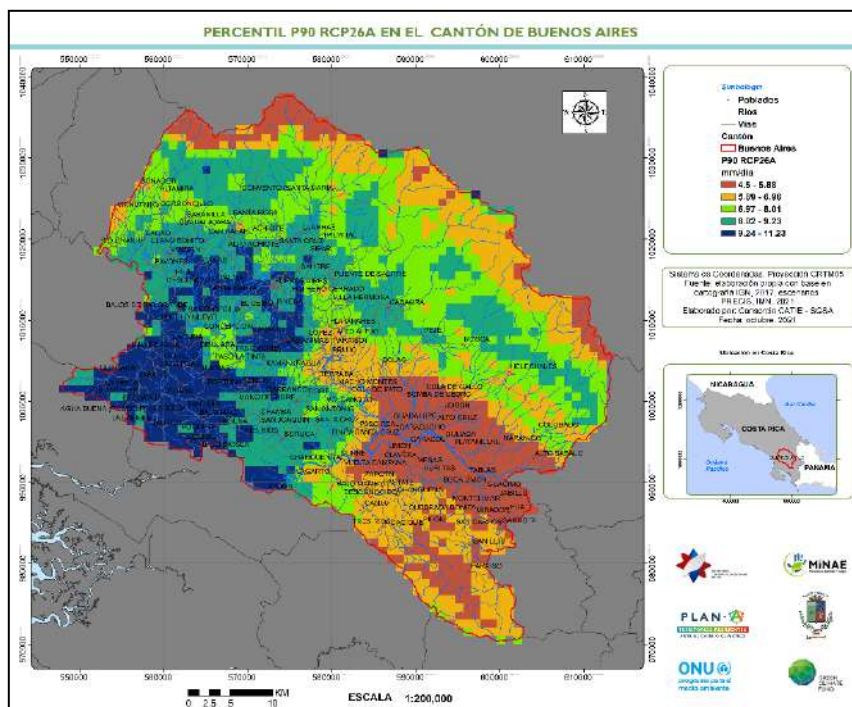


Figura 28. Percentil 90 RCP2.6A, horizonte cercano

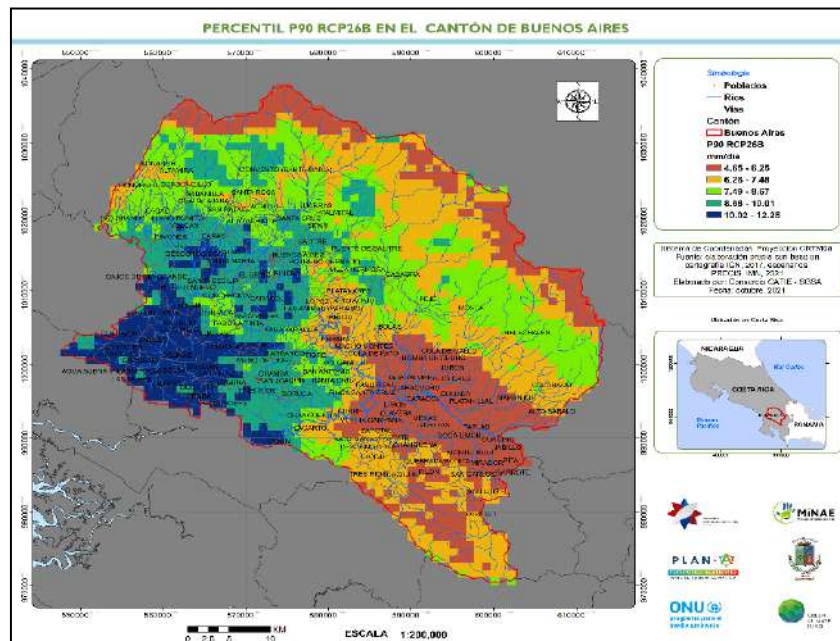


Figura 29. Percentil 90 RCP2.6B, horizonte medio

Para el P90 RCP 8.5A, el mínimo es 3,98, el máximo 11,41 y la media 7,06. Y para RCP8.5B se tiene mínimo es 3,89, el máximo 11,65 y la media 6,96.

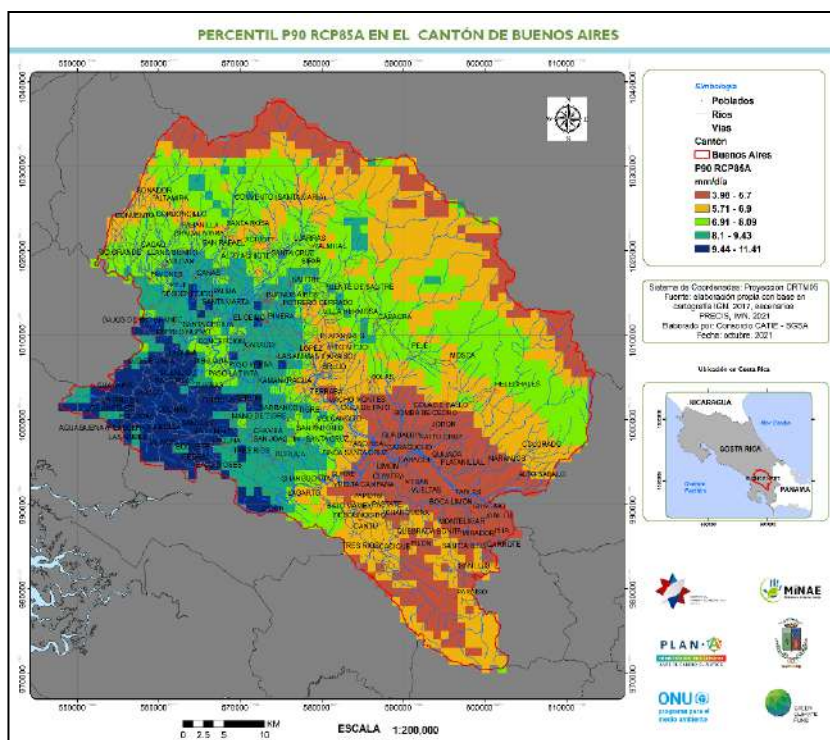


Figura 30. Percentil 90 RCP8.5A, horizonte cercano

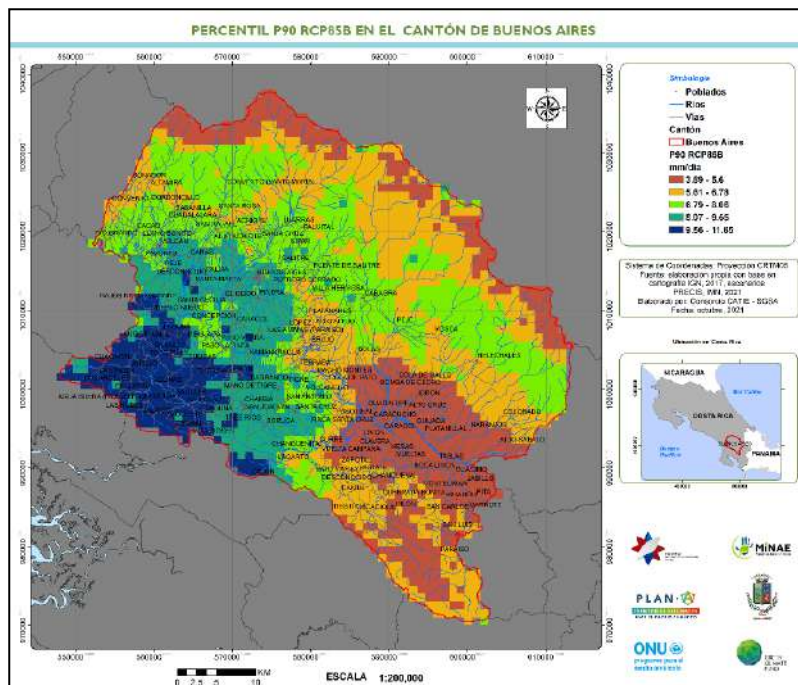


Figura 31. Percentil 90 RCP8.5B, horizonte medio

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

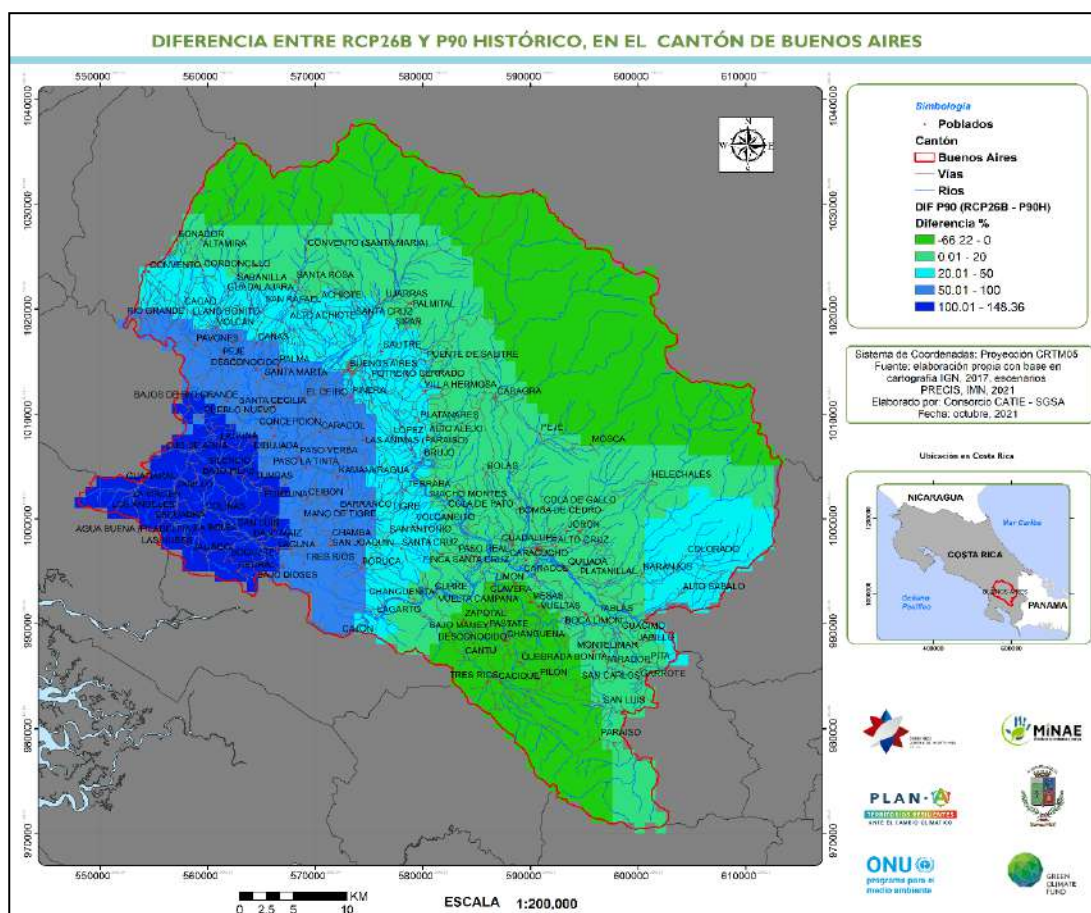


Figura 32. Diferencia del P90_RCP26B respecto P90_Hist, en porcentaje

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

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

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 han desarrollado el Instituto Nacional de

Estadística y Censo (INEC) y el Centro Centroamericano de Población de la Universidad de Costa Rica (CCP-UCR). Se utilizan como base los datos censales del 2000, 2011 y proyecciones al 2025 para estimar la evolución histórica en el comportamiento de las principales variables del componente socioeconómico del modelo”.

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

7.1 Índice de Vulnerabilidad (IV) 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 33.

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

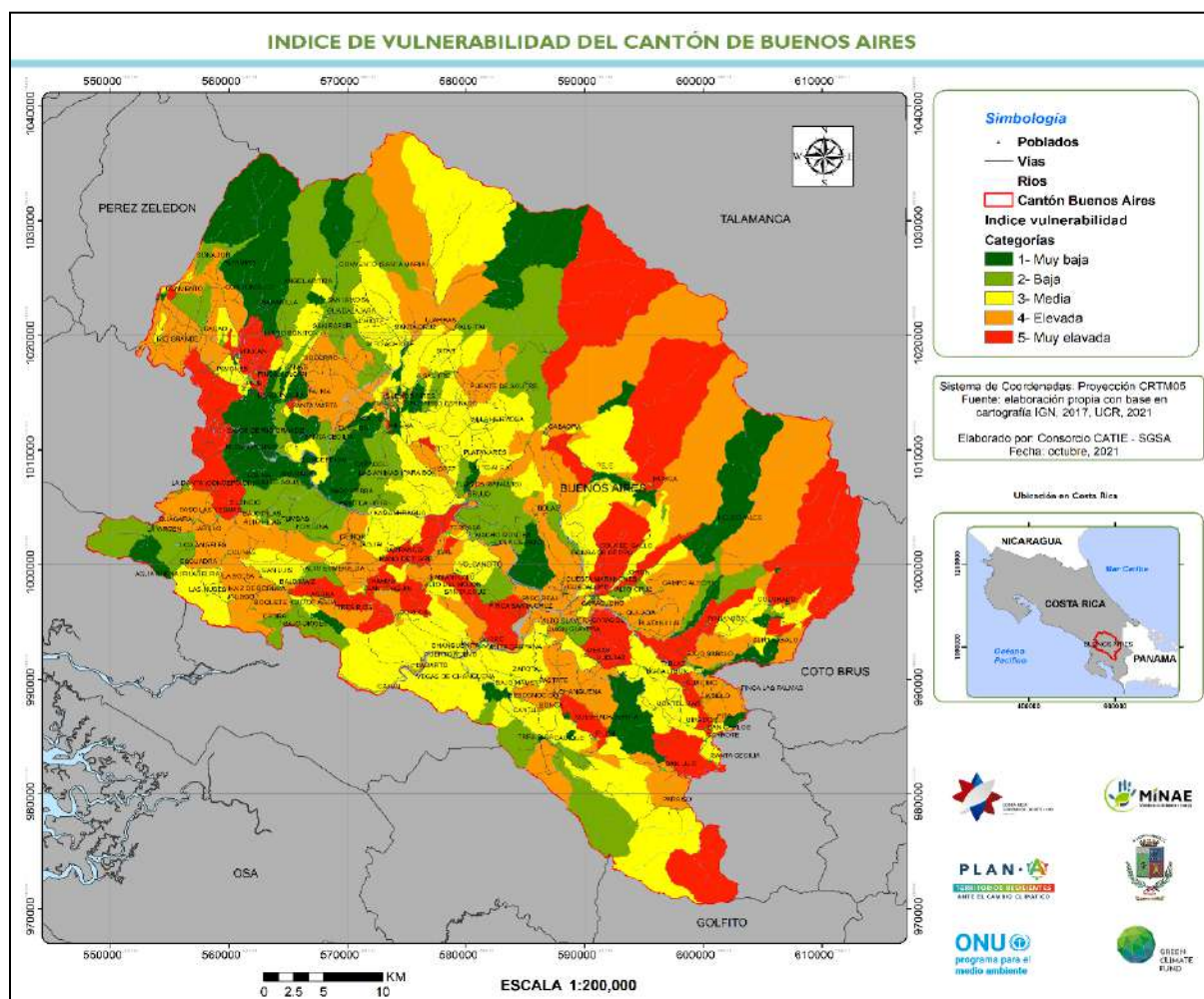


Figura 33. Índice de vulnerabilidad por UGM en el cantón de Buenos Aires

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 34 y 35 se han calculado densidades por infraestructura y por la red vial, tomando en cuenta la cartografía del IGN-RN (2017), que se utilizan para ajustar el IV presentado en la Figura 36.

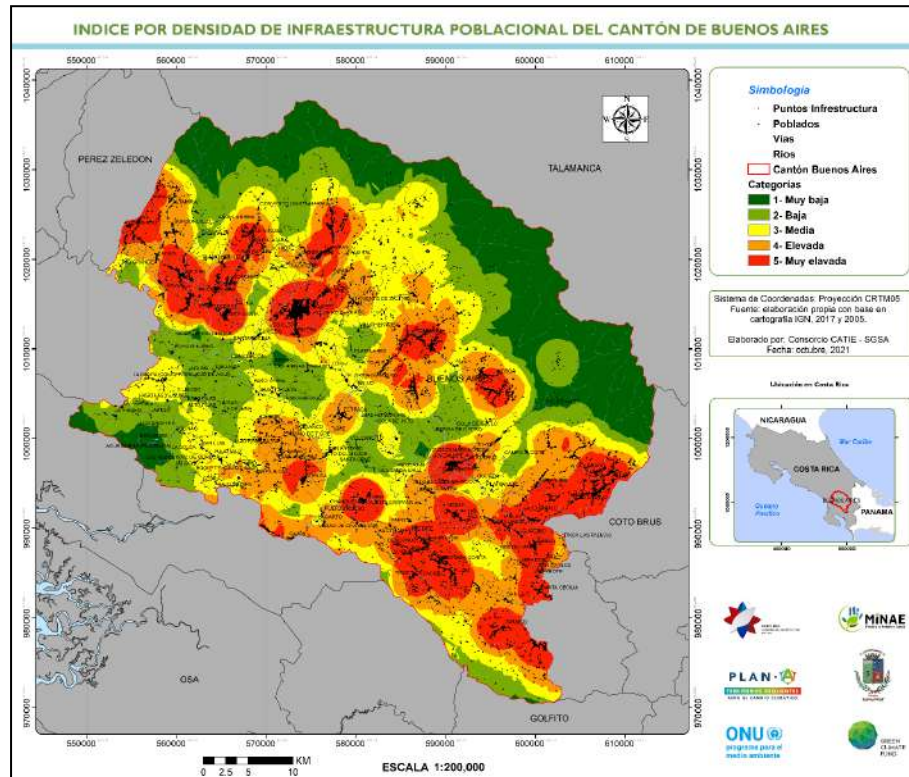


Figura 34. Densidad por infraestructura poblacional en el cantón de Buenos Aires

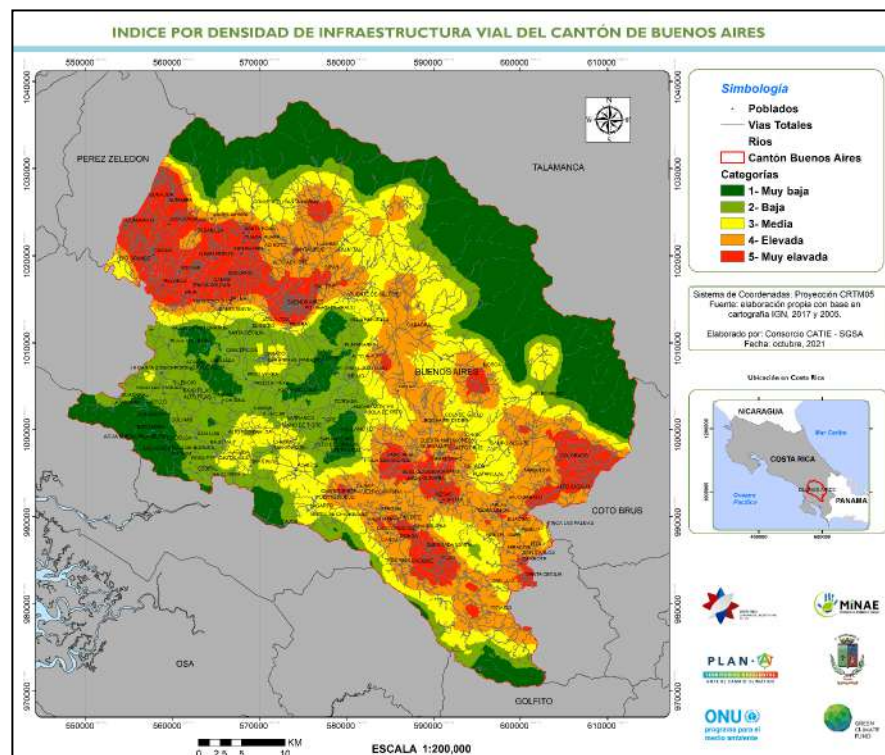


Figura 35. Densidad por infraestructura vial en el cantón de Buenos Aires

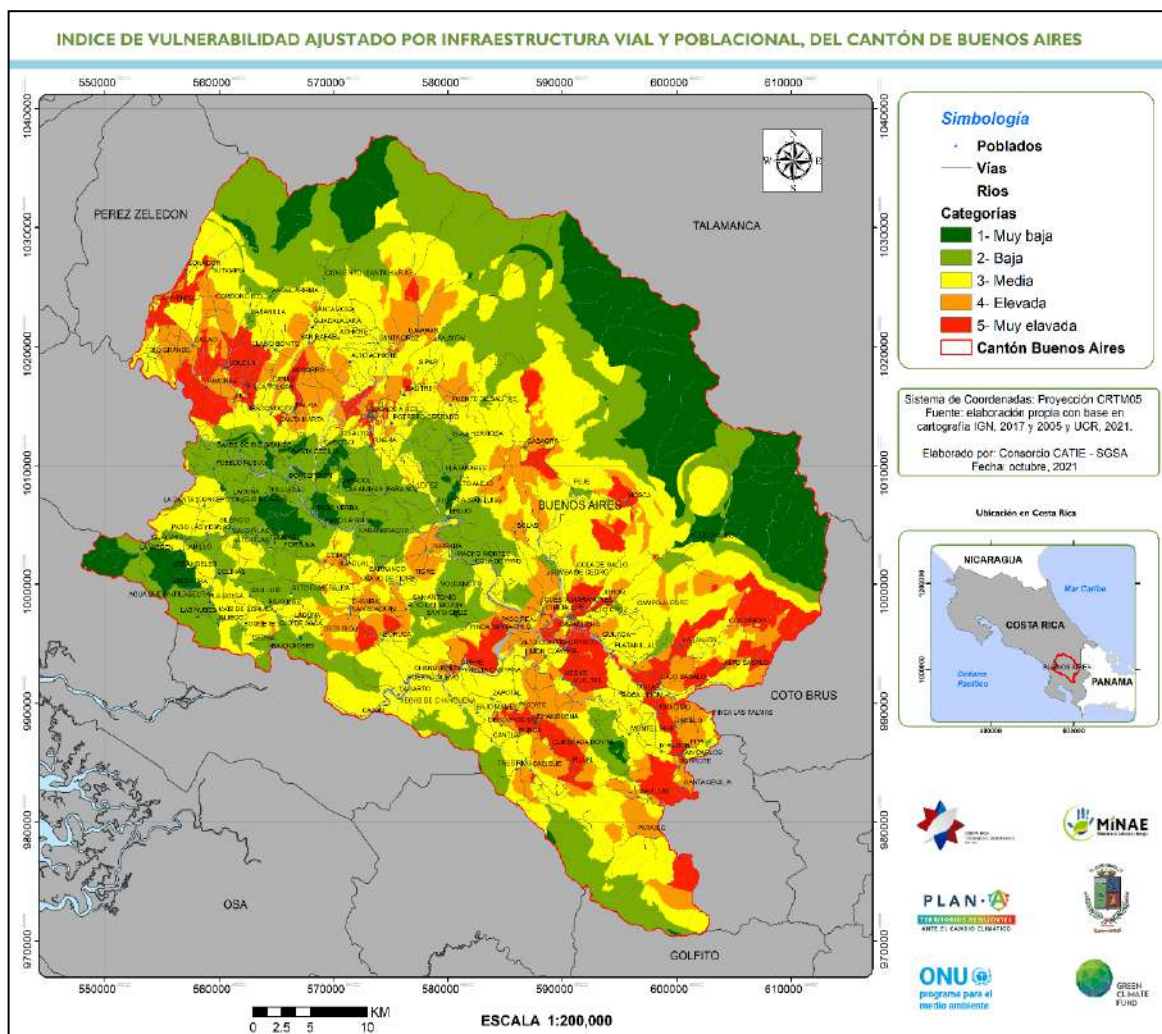


Figura 36. Índice de vulnerabilidad ajustado por infraestructura y vialidad del cantón de Buenos Aires.

Este ajuste produce espacialmente nuevas unidades de vulnerabilidad - diferentes a las UGM -, modificadas por la densidad de infraestructura asociada con 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. Las áreas en color naranja y rojo son las áreas con un índice de vulnerabilidad alto y muy alto, y son las áreas que resumen una vulnerabilidad de índole social y parcialmente económica, por los indicadores utilizados. Se señala que este índice no refleja otras dimensiones de la vulnerabilidad, entre otras: natural, cultural, ecológica y política.

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

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

- a. En la parte alta en áreas de montaña, se dan eventos de inestabilidad de laderas en diferentes formas entre ellos, deslizamientos y flujos de lodo, que dañan la vía principal y alguna infraestructura, específicamente en Paraíso de Changuena (CARBON Ingeniería y CNE, 2019). Estos eventos se utilizan de referencia para la estimación de la susceptibilidad de laderas por la metodología Mora y Vahrson, desarrollada en el Anexo 2, que permite ubicar espacialmente áreas de alta y muy alta inestabilidad y potencial de deslizamientos. El resumen cita los poblados más vulnerables son: San Rafael, Guacará, Jabillo, Maíz de Boruca, Bojaral, Terraba, Puerto Nuevo, Curré, Cabagra, Chánguena, Pílon, Paraíso. Además, son susceptibles a inestabilidad de suelos aquellos lugares donde se han practicado cortes de caminos y rellenos poco compactos (CNE, 2021).
- b. Los eventos de inestabilidad, iniciando con los procesos de erosión laminar, se ven fortalecidos por las prácticas agrícolas y ganaderas, que han fomentado el cambio del bosque por praderas de pastos, en las partes altas de las montañas. Aquí, los procesos del uso de la tierra y las variaciones de humedad y temperatura en el suelo provocan la reptación del terreno. En particular, las huellas del ganado mayor (vacuno, principalmente) dejan en la pendiente de las laderas una serie de pequeños senderos. Estos 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. Lo anterior se da tanto por el sobrepastoreo como por la pequeña remoción de tierra con sus pisadas, lo que viene a incrementar la reptación. En particular, la erosión alta y muy alta como resultado de la aplicación del modelo de la USLE, desarrollada en el Anexo 3, permite ubicar los sitios que ameritan atención para la aplicación de medidas relacionadas con la protección y conservación de los suelos. Así mismo, el análisis de conflictos del uso de la tierra permite ubicar aquellas zonas con sobreuso o sobreexplotadas y que requieren de acciones de recuperación/conservación.
- c. Invasión de cauces y cañones con peligro de deslizamiento, en la parte media y baja. Los terrenos con esta situación han sido ocupados por la población, muchas veces provenientes de terrenos IDA, o por condicionantes de pobreza o de asentamientos informales, que aumentan su propia 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. La CNE reporta que los sitios en esta condición son pocos, aunque señala que no se deben dar permisos en estos sitios. En la aplicación de la metodología Mora y Vahrson que se realiza en este estudio se replica esta condición, y el uso de la tierra permite ubicar aquella infraestructura que requiere de estudios detallados para la solución de cada caso.

- d. Hay inundaciones reportadas por la CNE, que son recurrentes y cada vez más repetitivas; estas incluyen flujos de lodo. Aunque no hay mapeo de estos eventos por parte de la CNE, sí se indican para los poblados de El Brujo, Cabagra, Barrio Cedro, Potrero Grande, Barrio. Sábalo, Platanillal, Ujarrás, Ceibo, Volcán, Cajón, Lagarto, Puerto Nuevo, Curré, Las Vegas, Guadalajara, San Rafael, Cañas, Platanillal, Limón y Florida.

Las soluciones se establecen en la reubicación o no ubicarse en estos sitios, o bien convivir con esta amenaza. En estos casos, se deberá construir infraestructura sobre el nivel de la inundación; también, se deberá favorecer la infiltración mediante reforestación y drenajes, así como otras obras similares.

- e. En eventos de intensidad fuerte o de varios días, se inician procesos de inundación pluvial debido al crecimiento urbano descontrolado y sin obras de desagüe adecuado para evitar las inundaciones. Esto se da en las áreas más pobladas de Buenos Aires, con problemas de alcantarillas y se repite en diversos sitios del cantón. Debe mencionarse las actividades y el modelamiento hidrológico hidráulicos del río Volcán (Segura-Serrano, L., 2014), donde se hace un manejo de esta cuenca. Se recomienda replicar esta experiencia en cuencas como las de los ríos Akum y Blorikal, por ser áreas de crecimiento urbano de la ciudad de Buenos Aires.
- f. Aunque se indicó que la información de puntos de calor es de referencia, la misma arroja que las áreas con estas condiciones se dan en áreas de cultivos o pastos. Esta situación se verifica al contrastar el uso de la tierra con el mapa de densidad de incendios forestales, en la parte media del área, donde se practica también la quema de basuras. Es probable que esto se vea agravado en época de sequías, donde se espera que los vientos aumenten; sin embargo, pero se carece de las mediciones de escenarios en estas variables, salvo un índice de aridez anual, que no necesariamente reflejaría esta condición.

8.1 Exposición actual

En el Anexo 5, se incluye el análisis de exposición de cada amenaza, integrando consideraciones de índole socioeconómica (énfasis social), así como la erosión laminar y los conflictos del uso de la tierra. Con esto se presenta la exposición integrada (Figura 37), sin considerar los incendios forestales, debido a la imposibilidad de separar los mismos de las quemas de basura. Estos se podrían integrar una vez que sean verificados localmente y a través de bases de datos del SINAC-MINAE, a las que no se tuvo acceso para este estudio.

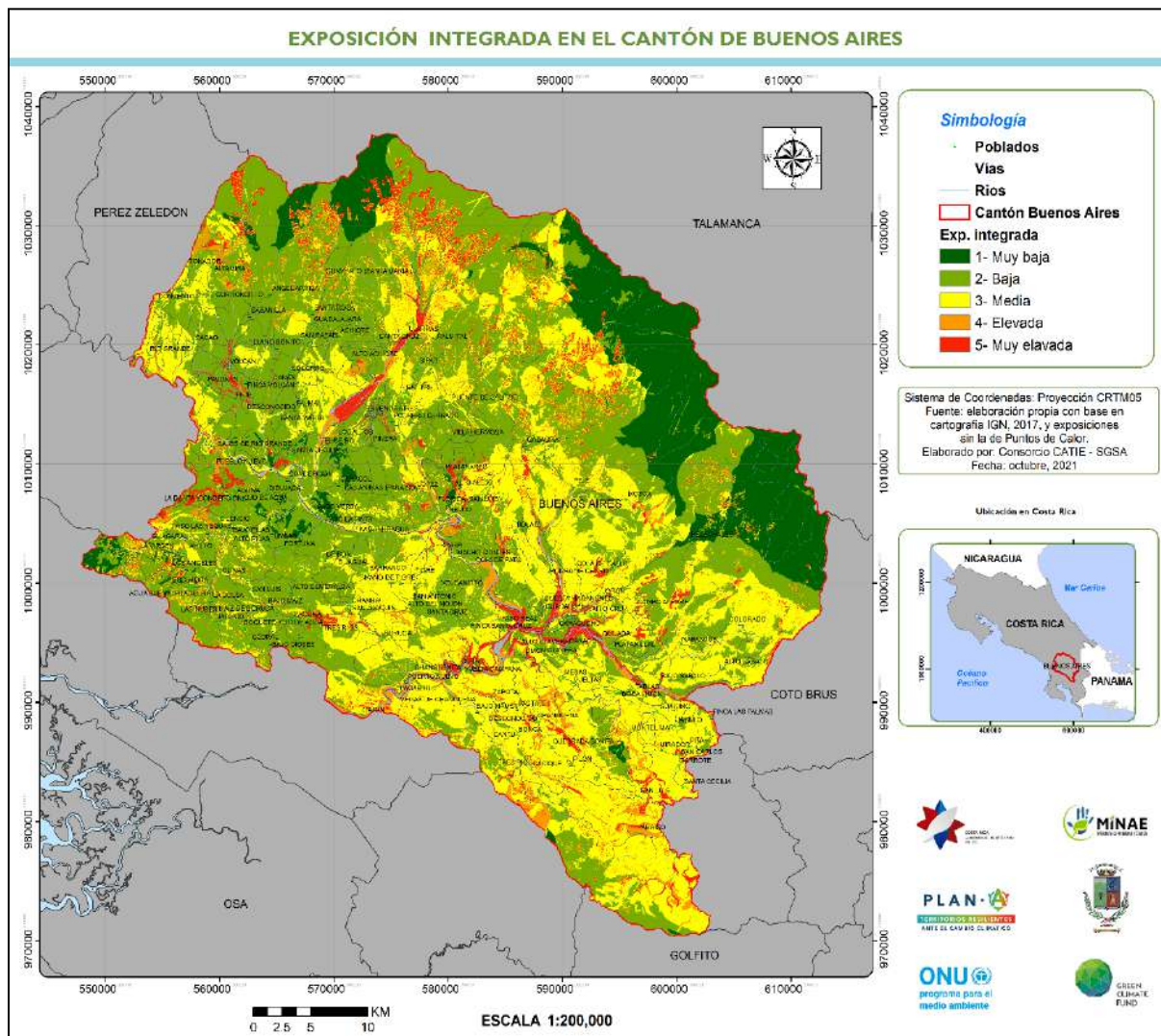


Figura 37. Exposición actual integrada o combinada en el cantón de Buenos Aires

Este mapa contempla la representación espacial de las amenazas del cantón de Buenos Aires, y se espera sea de utilidad para mejorar la zonificación propuesta del Plan Regulador.

8.2 Exposición futura

Los datos de PRECIS (IMN, 2021) permiten hacer un estimado sobre la exposición futura al 2030 usando el RCP2.6B. Se muestra un ligero incremento en la exposición al 2030 en el escenario RCP2.6B en las áreas al Este y al Oeste del cantón, como se observa en la Figura 38.

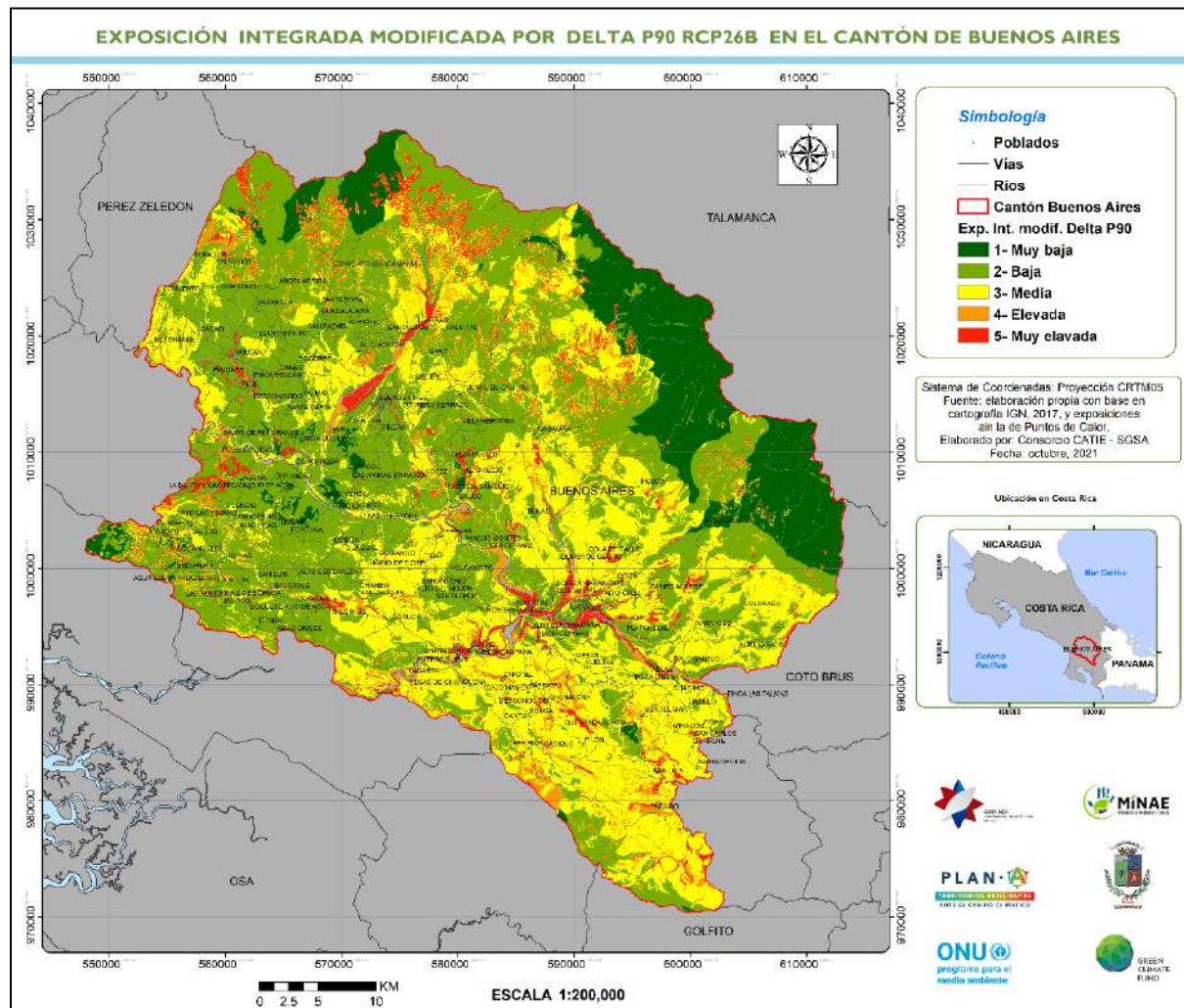


Figura 38. Exposición futura por escenario P90 RCP2.6B en el cantón de Buenos Aires

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. Sin embargo, es claro, que los principales impactos climáticos actuales y su exposición se relacionan a los eventos de:

- a. Inestabilidad de laderas incluyendo flujos de lodo, que afectan recurrentemente los servicios de comunicación vial, y los relaciones con redes de electricidad y de agua potable. Asimismo, los relacionados con la ubicación en la cercanía de los cauces y cañones inestables, muchos de los anteriores señalados en los informes de la CNE.
- b. Inundaciones, éstas se dan más en la parte media del cantón. Así mismo, se empiezan a dar inundaciones de índole pluvial provocadas por la falta de capacidad de las obras hidráulicas, situación que aumentará al aumentar la urbanización de las áreas.
- c. La situación de la erosión del suelo ya es un problema grave, que comprende algunos territorios indígenas, producto de las condiciones propias del paisaje y de las prácticas culturales de convertir el bosque en pastos, en áreas que son de vocación forestal. Es indispensable mejorar esta condición pues con las lluvias más intensas y constantes el suelo sufrirá su impacto por la falta de una cobertura adecuada, con una situación de arrastre de sedimentos que afecta las partes bajas del cantón vecino, y provocan problemas de bancos de sedimentos y modificación de drenaje en las partes de las llanuras de inundación.
- d. En forma similar los incendios asociados a prácticas culturales o de otra índole, se pueden aumentar en verano al contarse con situaciones de humedad y de temperatura favorables para los mismos.
- e. En las partes altas, se hace necesario la protección de tomas de agua, nacientes y manantiales para asegurar la producción de agua. Lo anterior incluye los pozos, por lo que se requiere asegurar tanto las áreas de recarga y descarga hídrica del cantón, para lo que se requerirán estudios específicos.
- f. Se requiere contar con un plan regulador actualizado con comprenda la gestión integrada del riesgo y dentro de ésta los análisis de la variabilidad climática y del calentamiento global antropogénico.
- g. Otras amenazas como flujos de lodo y licuefacción no fueron modeladas ni analizadas; sin embargo, hay referencias de flujos de lodo por la CNE. La licuefacción deberá considerarse en análisis futuros porque, aunque el disparador es la sismicidad, la condición del tipo de suelo y su contenido de humedad son importantes.
- h. Este estudio no contempla impactos en el ecosistema ni en los cultivos, que deberán analizarse a futuro. En este sentido, existen estudios en el país que ya han realizado este tipo de estudios a partir de índices cultivos y de variables bioclimáticas (FUNDECOR y Saborío, 2019).

9.1 Impactos climáticos por cuenca – subcuencas - microcuencas

A continuación, se explica la exposición integrada a nivel de microcuenca, con el objetivo de priorizar sitios para la aplicación de las medidas de adaptación. La Figura 39 incluye la exposición integrada por subcuencas, realizando la sumatoria de la exposición de cada subcuenca. Es decir, la sumatoria a nivel de pixel de la exposición final se realiza por subcuenca y luego los resultados se llevan a 5 niveles de menor a mayor prioridad, donde se dan menos o más eventos, y su exposición es menor o mayor, por lo que se logra una priorización por subcuenca.

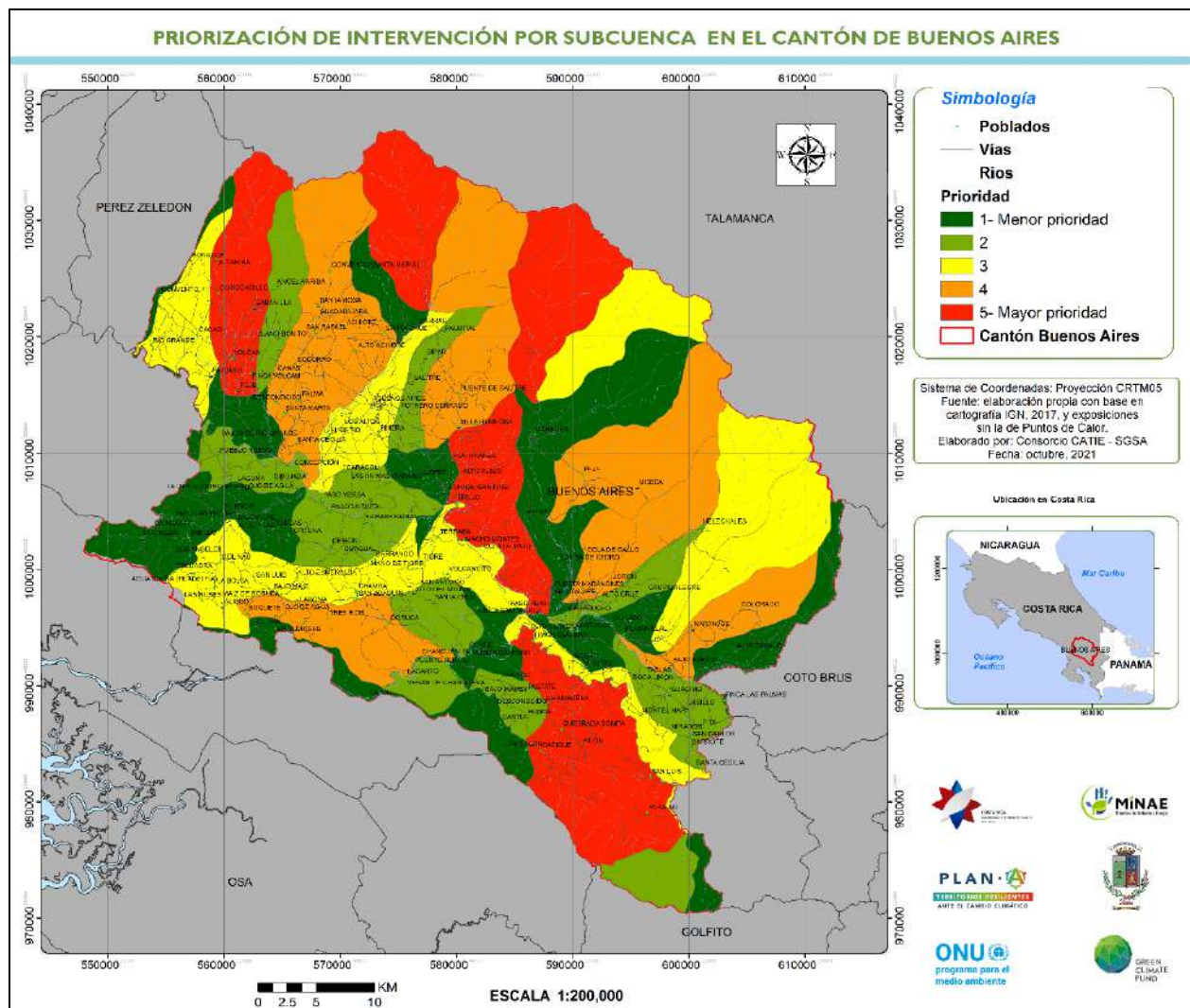


Figura 39. Priorización por microcuencas, en el cantón de Buenos Aires

Aunque hay subcuencas como la de río Volcán que se calificó de alta prioridad y donde se hace un manejo apoyado por PINDECO, las áreas todavía resultan muy grandes. Así, las medidas de adaptación deben concretarse de acuerdo con las decisiones comunitarias, en forma conjunta con la municipalidad, llevando la decisión final de la intervención de la escogencia a nivel de quebrada.

9.2 Impactos climáticos en áreas silvestres protegidas y reservas indígenas

Las áreas silvestres protegidas de Buenos Aires incluyen el Parque Nacional La Amistad al Norte y al Este del cantón, así como los refugios privados Agua Bueno al Sur y Monta El Tigre, al centro Este del cantón, ver Figura 40. Respecto a las reservas indígenas al Norte del cantón, Cabecar de Ujarrás, Bribri de Salitre y de Cabagra, presentan la primera inundaciones, deslizamientos y erosión laminar, y las dos últimas, deslizamientos potenciales y erosión laminar. Las reservas indígenas al Sur, Térraba y Brunka de Boruca, presentan situaciones similares, con las 3 amenazas señaladas y al Sur Este la reserva indígena de Guaymí de Coto Brus con deslizamientos potenciales y erosión laminar. No se descartan inundaciones o flujos de lodos en todas estas áreas, lo que deberá ser verificado a futuro a través de un análisis integral de amenazas del área. En este estudio, se utilizó la información disponible de la CNE, que es para eventos máximos y cuando amerita su intervención.

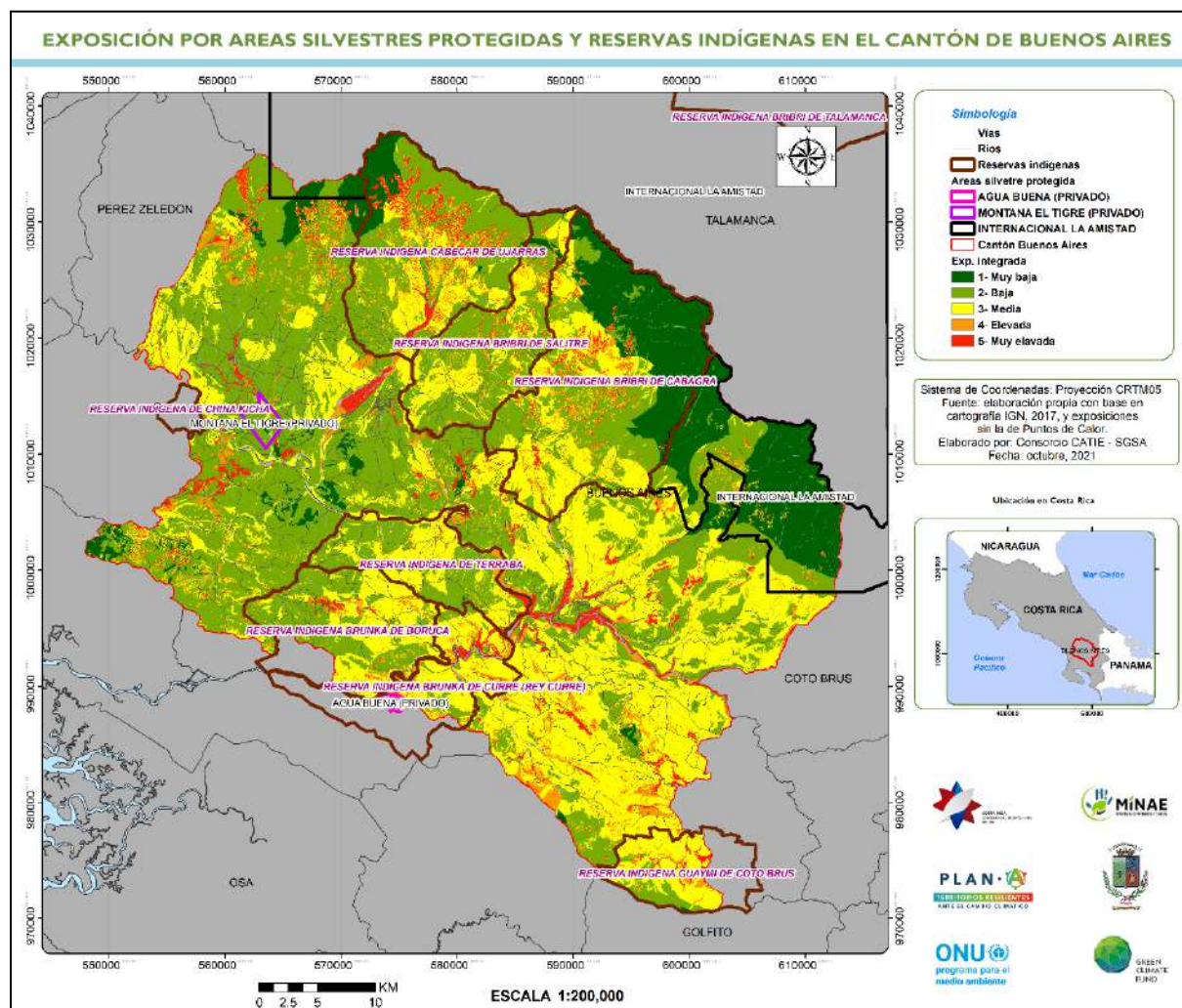


Figura 40. Áreas Silvestres Protegidas y reservas indígenas sobrepuestas a la exposición integrada en el cantón de Buenos Aires

10. Oportunidades

Dado que el cantón de Buenos Aires ha tenido un desarrollo lineal por la carretera principal, tiene toda la posibilidad de desarrollarse impulsando sitios seguros para la población. Entre estas, pueden mejorarse las actividades agroforestales que contribuyan a la conservación y protección de los suelos y del recurso hídrico, así como el turismo ecológico, dada la belleza escénica de las partes altas. Las medidas de adaptación deben enfocarse en: 1) zonificación territorial incluyendo reordenamiento, 2) protección y conservación del suelo, incluyendo prácticas agrosilvopastoriles, y 3) protección y conservación del recurso hídrico.

En el Cuadro 16 se incluye algunas acciones de estrategias de adaptación en el cantón de Buenos Aires, con prácticas que se traducirán en proyectos de adaptación. Estas estrategias son una base para el trabajo con la comunidad y la Municipalidad de Buenos Aires.

Cuadro 16. Estrategias de adaptación en el cantón de Buenos Aires

Afectación	Estrategia de adaptación	Elemento del sistema	Práctica			
			Mecánica	Vegetativa	Cutural	Política
Uso humano -- Agropecuario y el ecosistema	Aumentar la oferta segura de agua y hacer re uso seguro del territorio	Agua-Bosque y suelo	Arado profundo	Abonos verdes	Fomentar cultivos en invernadero	Reordenamiento territorial y gestión integrada de cuencas
			Labranza conservacionista	Mulch, crear una manta orgánica en los suelos	Evitar el sobrepastoreo	Restauración y conservación de la microcuencas
			Riego eficiente-nocturno	Materia orgánica 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 rompeviento	Cosecha de agua	Promover las prácticas (conservación, recuperación, protección,...), ligadas a ala medida de adaptación
			Terrazas	Cercas vivas	Evitar la quema en terrenos agropecuario	Campañas de ahorro de agua en verano
			Nivelacion del suelo	Mejorar infiltración de suelo	Agricultura urbana	Protección de las zonas de recarga de acuíferos
			Recarga artificial de acuíferos		Cambio de especies de ganado	Saneamiento de agua contaminada
			Captación de agua de lluvia		Agroforestería	Promover reforestación de áreas e recarga hídrica
			Almacenamiento de agua		Cambio de fechas de cultivos	Conservar y recuperar áreas de protección de riberas
			Reuso de agua		Especies de plantas resistentes a sequía	Rehabilitación de la infraestructura natural (parques públicos y AP)
			Tecnología de bajo consumo de agua: a) tanques sanitarios con baja demanda, b) regadíos			Mejoramientos de obras hidráulicas y de ingeniería incluyendo diques, defensas y barreras, así como aumentos de la sección de alcantarillas y de puentes
						Mejora de los medios de vida, así como la supervivencia de las poblaciones tradicionales
						Reducción del riesgo de desastres basada en la comunidad
						Sistemas de alerta de inundación

Fuente: Elaboración propia

11. Identificación y análisis de actores clave y sus roles en el cantón de Buenos Aires

A continuación, se presentan en el Cuadro 17 aquellos ministerios o sectores relacionados con el ambiente¹⁴, el recurso hídrico por su relación al cambio climático, y la gestión del riesgo en el cantón de Buenos Aires.

Cuadro 17. Roles de los actores a nivel cantonal, con respecto a la gestión ambiental y del recurso hídrico

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

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

¹⁴ Ambiente en sentido amplio se refiere 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 Buenos Aires se tiene un territorio muy extenso, con vías de comunicación deficientes, articulado por la carretera Interamericana, y donde el papel de rectoría en la planificación territorial llevado a cabo por la municipalidad debe modernizarse, entendiendo que la amplitud del territorio limita el accionar y el eleva el costo de las acciones. Por otra parte, la etnicidad presente en el cantón, que incluye territorios indígenas con su propia autonomía, hace que este accionar deba considerar los procesos de gobernanza y gobernabilidad de esos territorios.

Buenos Aires es un cantón eminentemente agropecuario, con particularidades de monocultivos, principalmente de piña producida por PINDECO y envasada por Del Monte. Este cultivo ha desplazado al pequeño agricultor, que se ha concentrado en otros cultivos y en la ganadería, en muchos casos implementando prácticas que degradan los terrenos al no ser estos aptos para las actividades que desarrollan. Así mismo, la falta de apoyo para colocar los productos ha conllevado a una pobreza de la población, pues más de la mitad de población se califica como inactiva (INEC, 2011). Esta situación ha empeorado con la pandemia por el COVID.

Este escenario conlleva a la premisa de que se deben analizar las potencialidades en cuanto a capacidad del territorio, por lo que se han planteado talleres a nivel distrital.

La propuesta de creación de un Comité Cantonal de Cambio Climático tiene lugar siempre que se mejore su gobernabilidad y se llegue a la incorporación efectiva de población local. También, es necesaria la integración del quehacer institucional con el sector privado, considerando la etnicidad del territorio. Los talleres que se realizarán en cada uno de los distritos del cantón permitirán sentar las bases para la conformación de una estructura que garantice la futura implementación del Plan de Acción para la Adaptación Climática en el cantón de Buenos Aires.

13. Conclusiones

- Se realiza un diagnóstico local mejorando la escala de análisis.
- La metodología empleada fue propuesta cumpliendo con los conceptos de la gestión del riesgo.
- Se mejora la representación de la vulnerabilidad utilizando densidades espaciales de infraestructura y de vías de comunicación a escala 1:5,000, con lo que se cambia de UGM a nuevas unidades espaciales que redefine la vulnerabilidad, expresada en 5 niveles.
- Se realiza una base de datos a nivel local, donde resaltan el uso de la tierra, la modelación de amenazas de erosión y de la inestabilidad de laderas, el proxi a los incendios forestales que en conjunto con amenazas registradas por la CNE permiten cuantificar la exposición.
- El uso u ocupación de la tierra es fundamental en los análisis de los impactos 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 y la ubicación preliminar de las medidas de adaptación.
- El análisis de erosión laminar y de conflictos del uso de la tierra, permite hacer consideraciones iniciales del “ecosistema”, que no habían sido tomadas en cuenta en estudios previos. Cada análisis aporta insumos técnicos para la orientación de la toma de decisiones, 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 en áreas de conservación, protección forestal y en la recuperación de tierras degradadas.
- Se prioriza la exposición por amenazas de índole climática a nivel local por microcuenca hidrográfica.
- La priorización por ASP y reservas indígenas indica que se deben mantener las acciones de protección y conservación en las mismas, así como establecer medidas de recuperación en las áreas degradadas.
- Las áreas de exposición elevada y muy elevada deben ser atendidas en forma prioritaria y aunque se da un acercamiento por microcuenca, pueden priorizarse acorde a las prioridades de las autoridades municipales y la población local.
- Se realiza una aproximación a la exposición futura, utilizando el escenario RCP 2.6B, al 2030 del IMN.
- Las medidas de adaptación planteadas deben complementarse con los actores a nivel local.

- Los análisis de la información suministrada en estudios previos ponen de manifiesto que la escala, referida al nivel local, 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 hasta cierto punto, 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 pero no es la amenaza, es una variable hidrometeorológica que puede originarlas, lo importante es considerar cómo esta lluvia actúa como disparador de las amenazas y cuantificarlas preferiblemente en forma probabilística.
- El modelamiento de la inestabilidad de laderas por la metodología Mora y Vahrson, en el Anexo 2, presenta factores que se pueden utilizar en otros análisis, como la litología, la humedad, el relieve expresado en pendientes, y los disparadores 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 (erosión laminar e inestabilidad de laderas) y la exposición presentada para situación actual, Esto se efectúa parcialmente porque Buenos Aires es un cantón de un área grande.
- Los siguientes pasos incluyen el trabajar con los actores locales identificando las medidas de adaptación, sus capacidades adaptativas y priorizarlas para ser incluidas en el Plan de Acción para la Adaptación Climática del cantón de Buenos Aires.
- El análisis de amenazas es preliminar de tipo determinista, no probabilístico, y centrado en aspectos sociales y económicos en algún grado. Se requiere avanzar en estas estimaciones, mejorando los estudios e introduciendo el análisis probabilista del riesgo, para modelar las inundaciones y los flujos de lodo.
- Se deben abarcar otras dimensiones de la exposición 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). En este estudio sólo se trabajó con la dimensión social y económica. Un análisis agrometeorológico se hace necesario para incorporar la dimensión natural, un análisis de índices bióticos se requiere para incorporar el componente biológico. También es deseable el análisis cultural, educativo, técnico e institucional espacial, 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 \(conare.ac.cr\)](http://conare.ac.cr/Recurso_Aguas_Superficiales_y_Subterráneas_con_énfasis_en_las_principales_cuencas_hidrográficas)
- CATIE, 2019. Experiencias y contribuciones del CATIE al manejo y gestión de cuencas hidrográficas en América tropical
- CARBON INGENIERIA y CNE, 2020. Estudio de estabilidad de laderas del deslizamiento Paraíso, Chánguena, Buenos Aires.
- 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-brochures.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=D=
- 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 \(mag.go.cr\)](http://mag.go.cr/de-34433.doc)
- CNE, 2010. Estudio de vulnerabilidad de la cuenca del río Grande de Tárcoles.
- CNE, 2021. Amenazas de origen natural para el cantón de Buenos Aires. Disponible en: [Buenos Aires - descripción de amenazas.pdf \(cne.go.cr\)](http://cne.go.cr/Buenos_Aires-descripci3n-de-amenazas.pdf)
- DCC MINAE. 2020. Guía para la planificación de la adaptación ante el cambio climático desde el ámbito cantonal
- FUNDECOR y Saborío, J. 2019, Análisis de la vulnerabilidad ante el cambio y variabilidad climática de los medios de vida, infraestructura productiva y servicios ecosistémicos asociados en la región de Sarapiquí Resiliente.
- Holdridge, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. IICA. San José, Costa Rica. 216 p.
- ICE, 2010. Diagnóstico de la cuenca del río Grande de Tárcoles, apoyo el ESIA del PH Diquís.
- IMN, 2021. Escenarios de cambio climático del Instituto meteorológico Nacional (IMN), accedido a través de Plan A.
- IGN, RN, 2017, base de datos cartográfica escala 1:5,000 y 1:25,000, accedida a través de SINAC.
- INCAE, 2019. Índice de Progreso Social Cantonal. Disponible en : <https://www.incae.edu/es/clacds/proyectos/indice-de-progreso-social-cantonal-2019.html>.
- INVU, s.f. Manual de Planes Reguladores como Instrumento de Ordenamiento Territorial. Disponible:
[Manual+de+Planes+Reguladores+como+Instrumento+de+Ordenamiento+Territorial \(invu.go.cr\)](http://invu.go.cr/Manual+de+Planes+Reguladores+como+Instrumento+de+Ordenamiento+Territorial)

- 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%ADrico Estado%20de%20la%20Naci%C3%B3n Cap%C3%ADtulo%20Armon%C3%ADa%20con%20la%20Naturaleza.pdf](file:///D:/Users/GAMMA/Downloads/1040.%20Uso%20y%20estado%20de%20los%20recursos%20recurso%20h%C3%ADrico%20Estado%20de%20la%20Naci%C3%B3n%20Cap%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.
- 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
- IPCC, 2019. Glosario. Disponible en: [SR15 Glossary spanish.pdf \(ipcc.ch\)](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SR15_Glossary_spanish.pdf)
- ISO 3100. Términos y revisiones del riesgo. Mapa conceptual. Disponible en: <https://www.goconqr.com/mindmap/10161323/t-rminos-y-definiciones-ntc-iso-31000-gesti-n-del-riesgo>
- MINAE, 2018 Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático Disponible: [Sistema Costarricense de Información Jurídica \(pgrweb.go.cr\)](https://www.pgrweb.go.cr/sistema-costarricense-de-informacion-juridica/politica-adaptacion-24-abril.pdf), [Politica ADAPTACION 24 abril.pdf \(pgrweb.go.cr\)](https://www.pgrweb.go.cr/sistema-costarricense-de-informacion-juridica/politica-adaptacion-24-abril.pdf)
- Mora, S, 2020. Glosario de términos de la Gestión del Riesgo.
- Mora, S. y Vahrson, G; 1994. Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination. Bulletin of Association of Engineering Geologists. Vol.XXXI, No.1, p.49-58. https://www.researchgate.net/publication/275971541_Macrozonation_methodology_for_landslide_hazard_determination
- Mora et al; 2012. Slope instability hazard in Haiti: Emergency assessment for a safe reconstruction. Banff, Alberta, Canada. Keynote speech. Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding – Eberhardt et al. (eds) © 2012 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-62123-6. https://www.researchgate.net/publication/275961636_Slope_instability_hazard_in_Haiti_Emergency_assessment_for_a_safe_reconstruction
- Mora, S. y Saborío, J. 2017. Análisis de la amenaza de inestabilidad de laderas en Costa Rica (escala 1:400.000). Laboratorio de Ecología Urbana; Universidad Estatal a Distancia.
- 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 Buenos Aires.
- SGSA, CNE. 2014a. Normas y elementos básicos de gestión municipal del riesgo de desastre con énfasis en prevención, control y regulación territorial / Javier Saborío Bejarano, María del Mar Saborío Víquez, Sergio Mora Castro. – 1a. Ed. – San José, C.R. Disponible en: [Gestion Municipal del Riesgo Ordenamiento Territorial.pdf \(cne.go.cr\)](https://www.cne.go.cr/gestion-municipal-del-riesgo-ordenamiento-territorial.pdf)
- SGSA, CNE. 2014b. Gestión municipal del riesgo de desastres: normas y elementos básicos de la gestión del riesgo para su inclusión en la planificación y el aprovisionamiento presupuestal municipal, énfasis en reducción y prevención del riesgo / La Comisión, Javier Saborío Bejarano, María del Mar Saborío Víquez y Sergio Mora Castro, coautores. - 1a. Ed. - San José, C.R.: CNE. Disponible en: <https://www.cne.go.cr/reduccion-riesgo/biblioteca/gestion%20municipal/Gestion%20Municipal%20del%20Riesgo%20de%20Desastres%20Planificacion%20y%20Aprovisionamiento%20Presupuestal.pdf>

- Saborío, J., ICE, 2002. Análisis de riego integral en la cuenca del río Savegre, para MINAE-AECI.
- Segura-Serrano, L. 2014 Conocimiento de la dinámica fluvial como herramienta para la planificación territorial. Caso río Volcán, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica. Tecnología en Marcha. VI Encuentro de Investigación y Extensión. Pág. 12-21 Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/284067003_Conocimiento_de_la_dinamica_fluvial_como_herramienta_para_la_planificacion_territorial_Caso_rio_Volcan_Buenos_Aires_Puntarenas_Costa_Rica/link/57a9af5a08aef3001529dea2/download
- 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 \(enbcr.go.cr\)](http://enbcr.go.cr)
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2020. Políticas de Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica Disponible [politicas-de-reas-protegidas.pdf \(acto.go.cr\)](http://act.go.cr/politicas-de-reas-protegidas.pdf)
- 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 \(acto.go.cr\)](http://act.go.cr/GRUAS_II_VOL_II.pdf)
- UCR, PNUD. 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 \(desenredando.org\)](http://desenredando.org)
- Wischmeier, W. H., y Smith, D. D., 1978: Predicting rain/all erosion 10JieJ. USDA Agr. Res. Servo Handbook, 537.

Anexo 1. Glosario

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

I. Definiciones del IPCC (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 los 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 Criósfera 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 Buenos Aires (1998) y Buenos Aires (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 \(05/2011\)](#)

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 influyen 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.

$$Ad = Susc * Disp \quad (A4-1)$$

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.

$$Susc = Sp * Sl * Sh \quad (A4-2)$$

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

$$\text{Disp} = \text{Ds} + \text{Dp} \quad (\text{A4-3})$$

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.

$$\text{Ad} = (\text{Sp} * \text{Sl} * \text{Sh}) * (\text{Dp} + \text{Ds}) \quad (\text{A4-4})$$

La ecuación (16) puede considerarse como una situación extrema, por lo tanto, es la que se utilizará en este estudio. La combinación de valores y su cartografía, se realiza en forma digital por medio del Sistema de Información Geográfico. En el esquema mostrado en la Figura A2-1, se irán comentando los pasos seguidos 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.

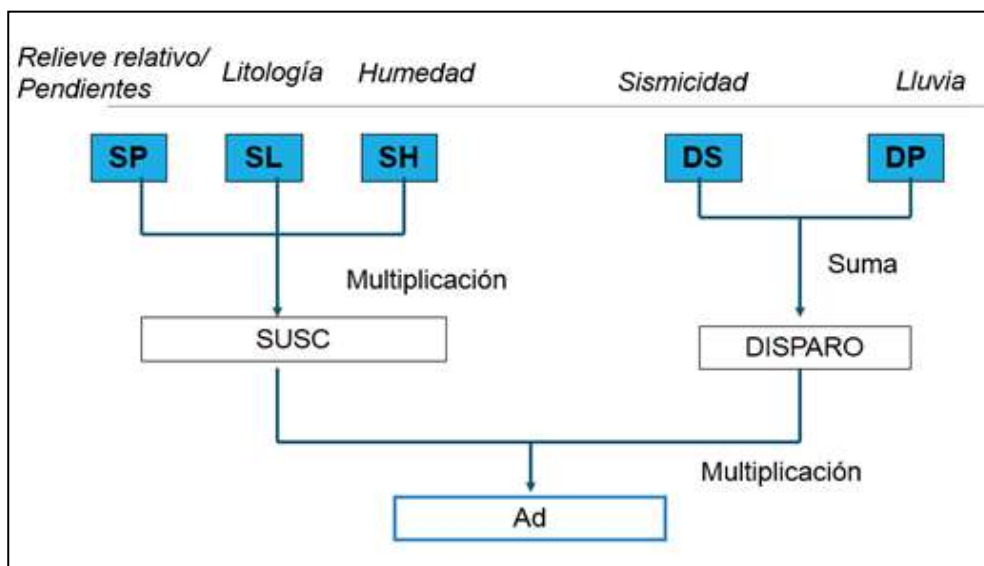


Figura A.2-1. Esquema del proceso Mora & Vahrson.

Fuente: Elaboración propia con base en el modelo Mora&Vahrson, 1989.

A.2.1 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 pixel. A partir de este modelo, se han calculado las pendientes en grados, que se incluyen en la Figura A.2-2. Las pendientes varían de mínima en 0 grados, a una pendiente máxima muy fuerte de 87,0 grados (equivale a 1914,0%), con una pendiente promedio de 18,2 grados (equivale 37,7%) para el área de análisis. Aunque hay pendientes muy fuertes en las partes altas y bajas, empiezan a disminuir en la parte media del cantón.

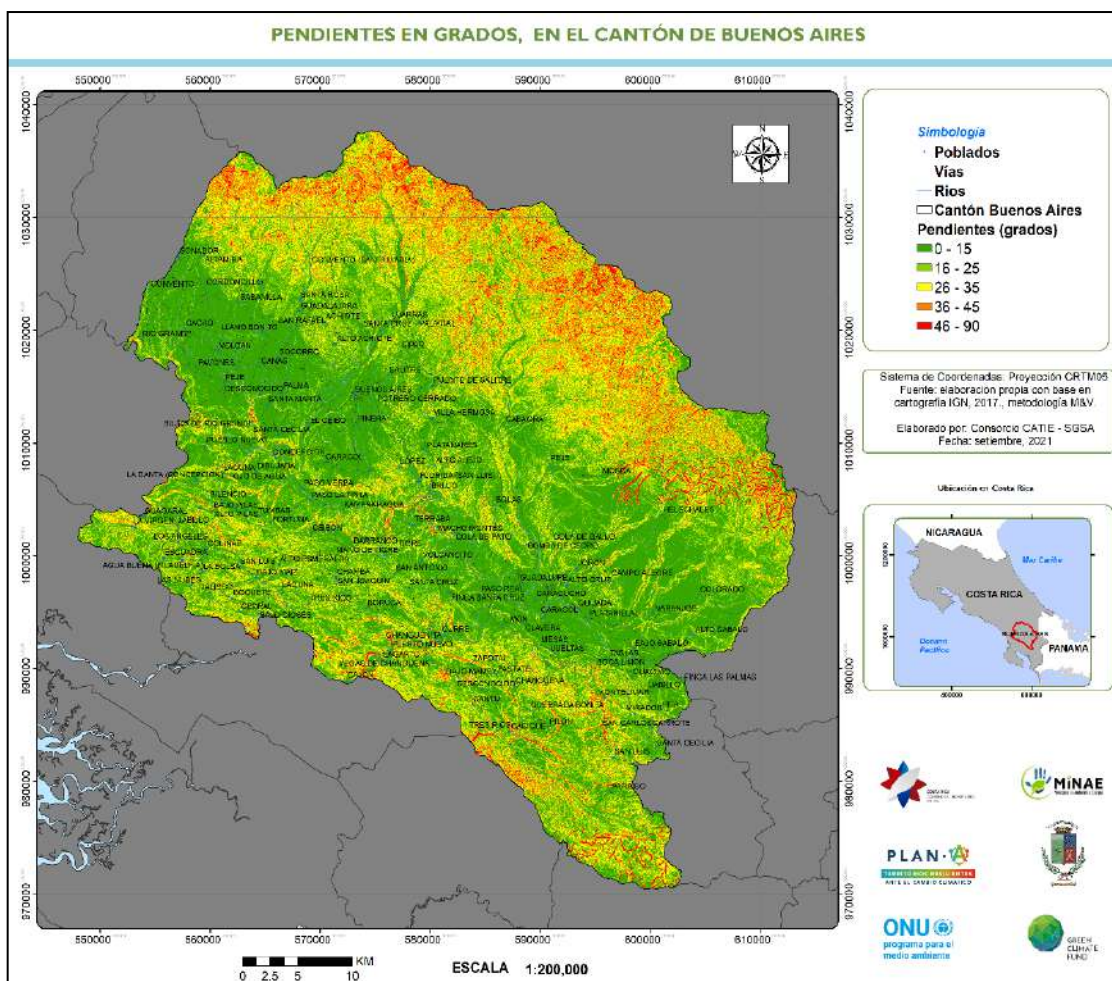


Figura A.2-2. Pendientes, en grados, en el cantón de Buenos Aires

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 A.2-4, se incluye el mapa del factor de pendientes.

Cuadro A.2-1. 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.

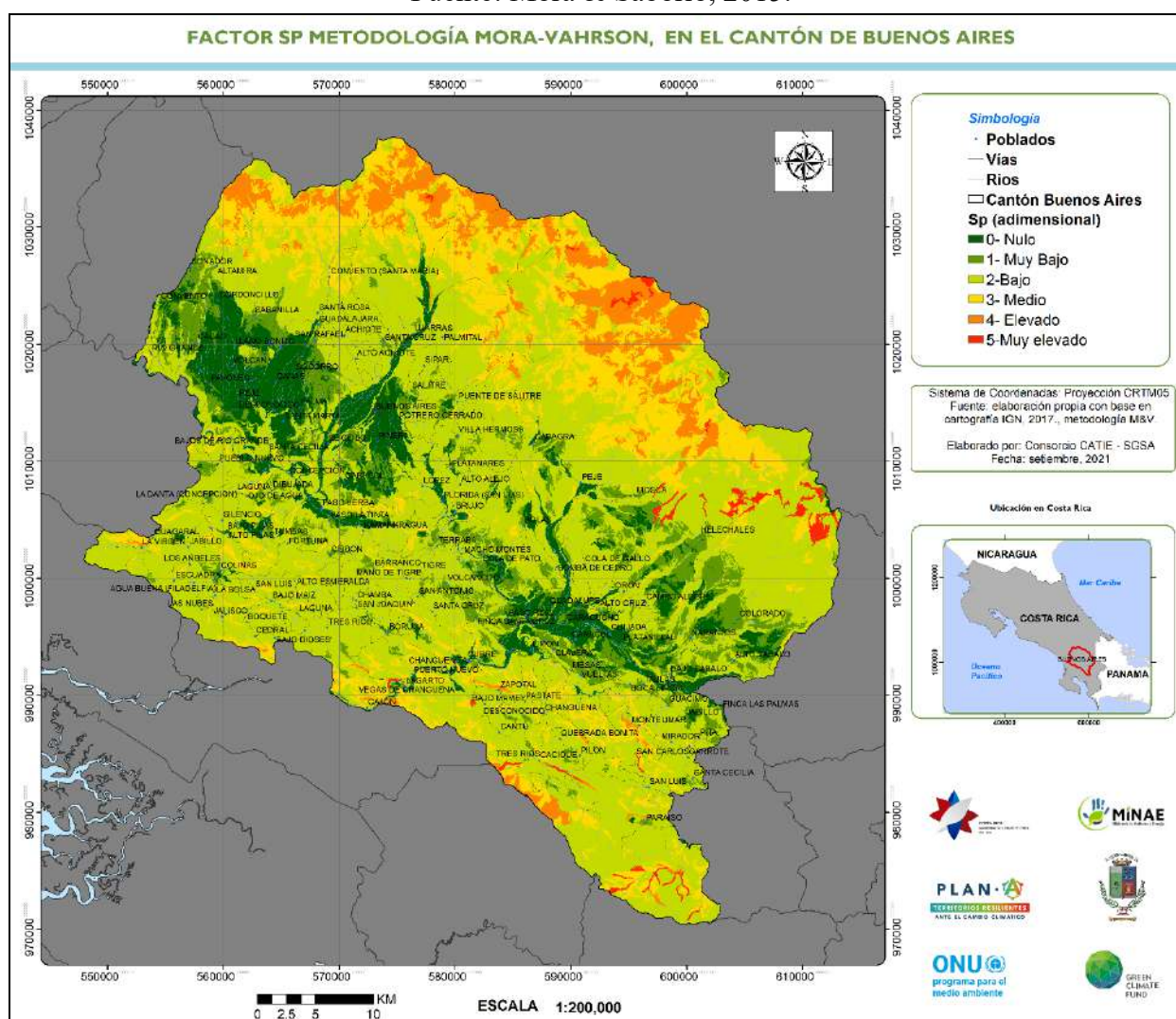


Figura A.2-3. Factor Sp, metodología Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires

A.2.2 Factor litológico (SL)

El factor SL de Mora & Vahrson, se obtiene a partir de la geología considerando la litología, Figura A2-4. En el caso del área de interés, se cuenta con un mapa geológico por formaciones, elaborado para este estudio, por CNE, 2020, además se tomó en cuenta el mapa de este factor desarrollado con base a estudio de UNED, 2015.

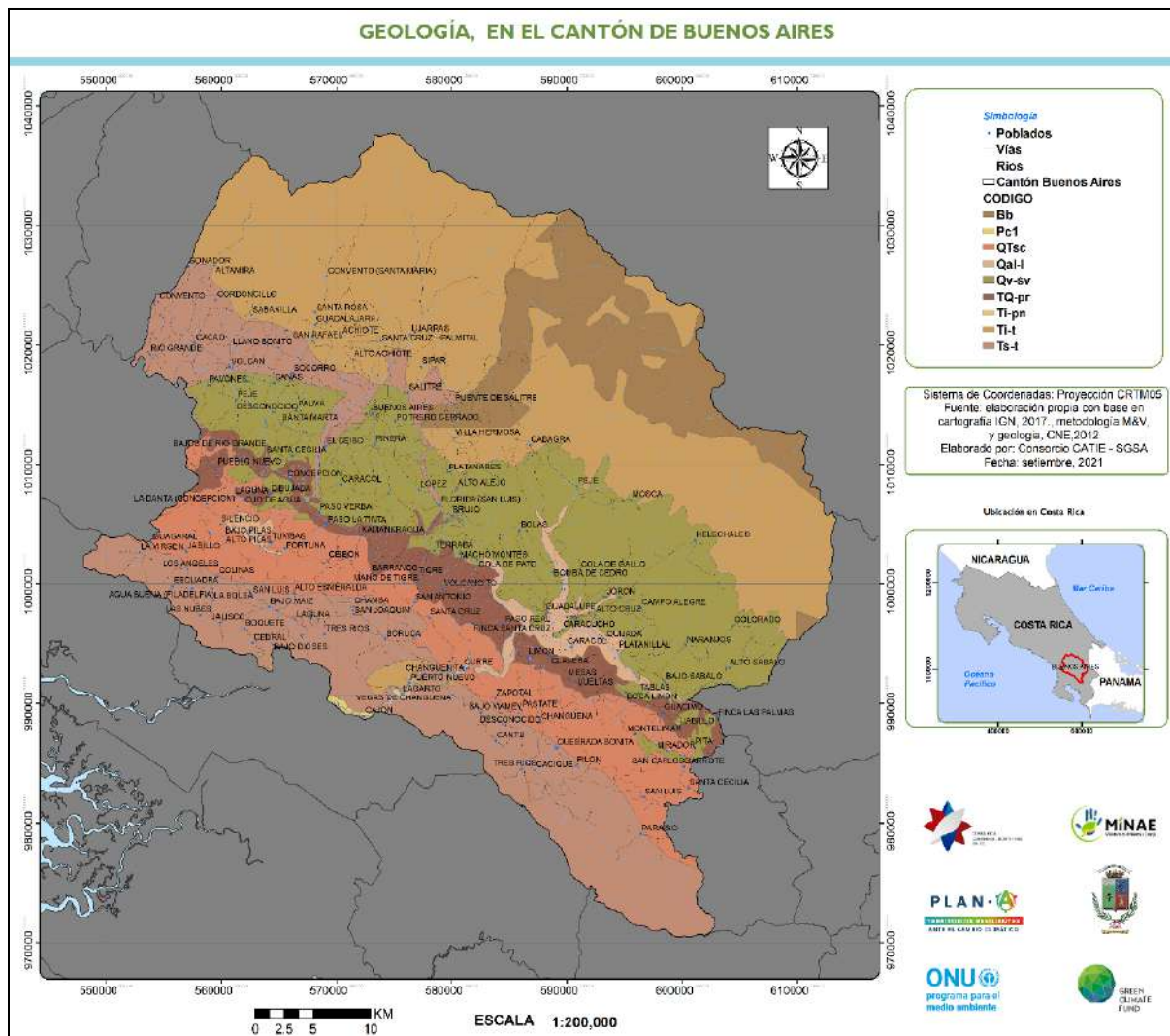


Figura A.2-4. Geología en área de análisis del cantón de Buenos Aires

En la Figura A.2-5, se muestra el factor SL, respectivo, asignado con valores del estudio de la CNE, 2020.

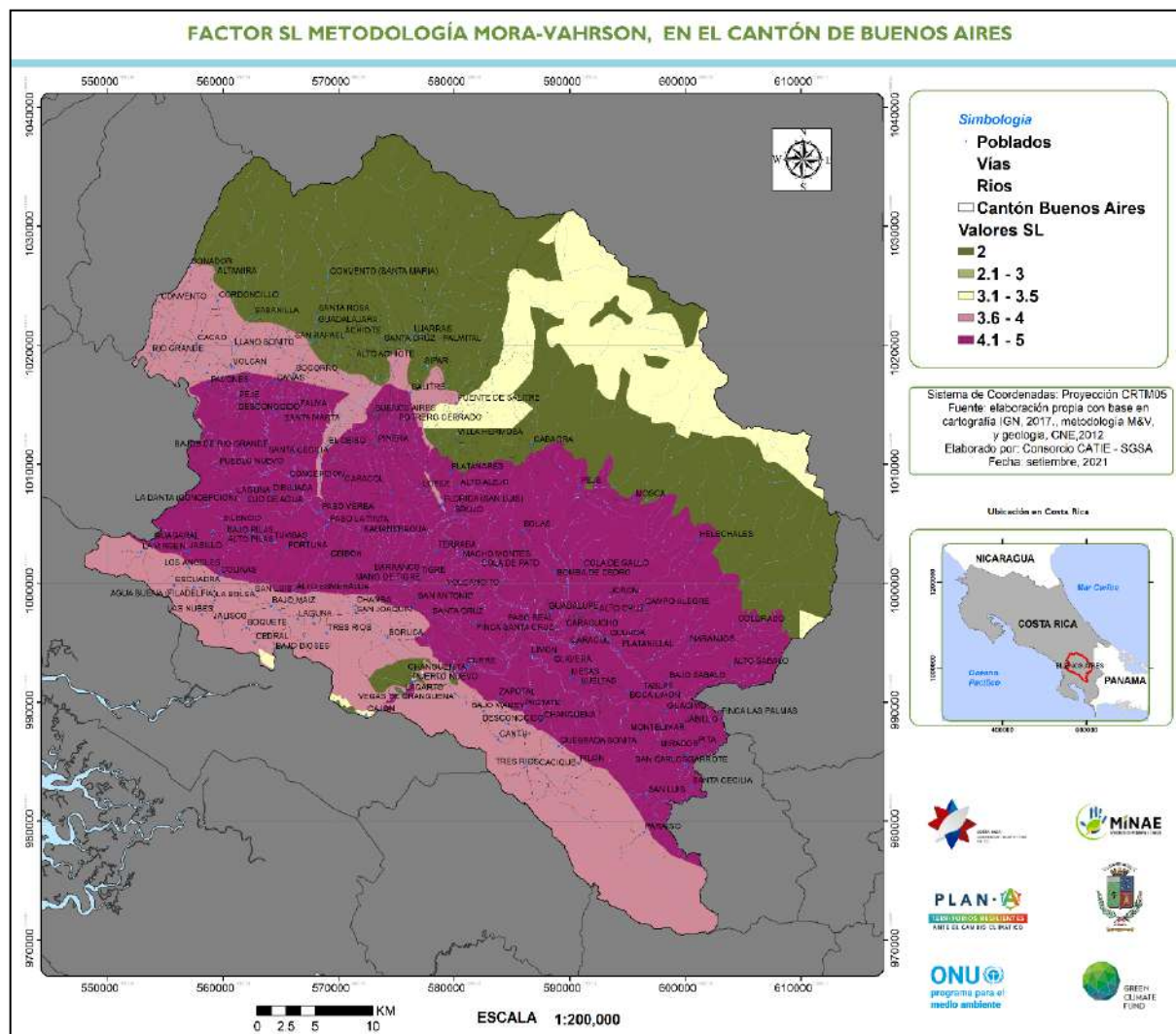


Figura A.2-5. Factor LS, en área de análisis del cantón de Buenos Aires

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.

A.2.3 Factor de humedad (SH)

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

A partir del mapa de la precipitación que infiltra, se deduce el factor de la humedad del suelo, llevado a cabo mediante una función lineal y reclasificado de acuerdo con el Cuadro 32. El factor de humedad, de la metodología Mora & Vahrson, se muestra en la Figura A.2-6.

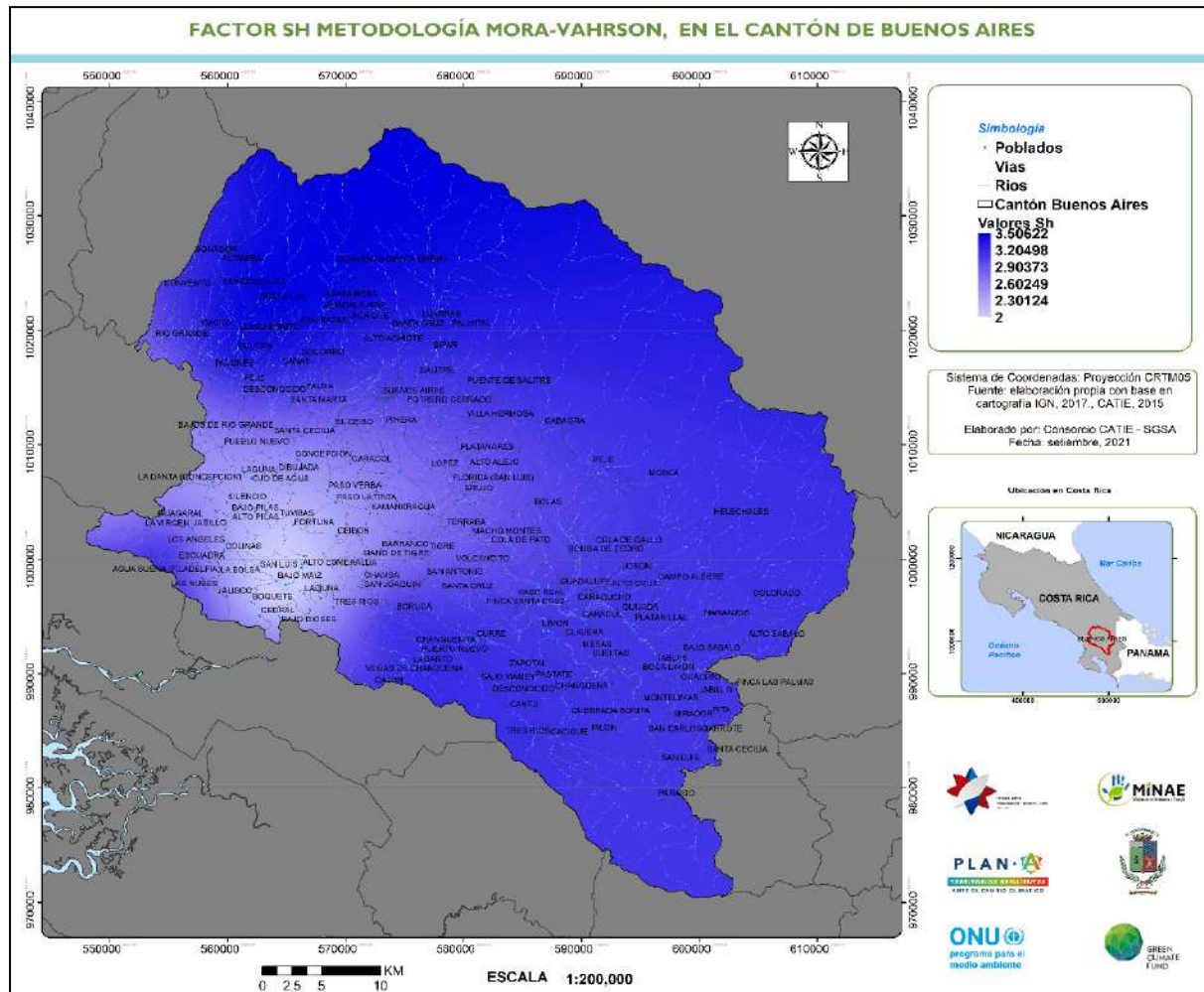


Figura A.2-6. Factor de humedad (Sh) de la metodología Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires

A.2.4 Susceptibilidad potencial a deslizamientos, factor SUSC

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

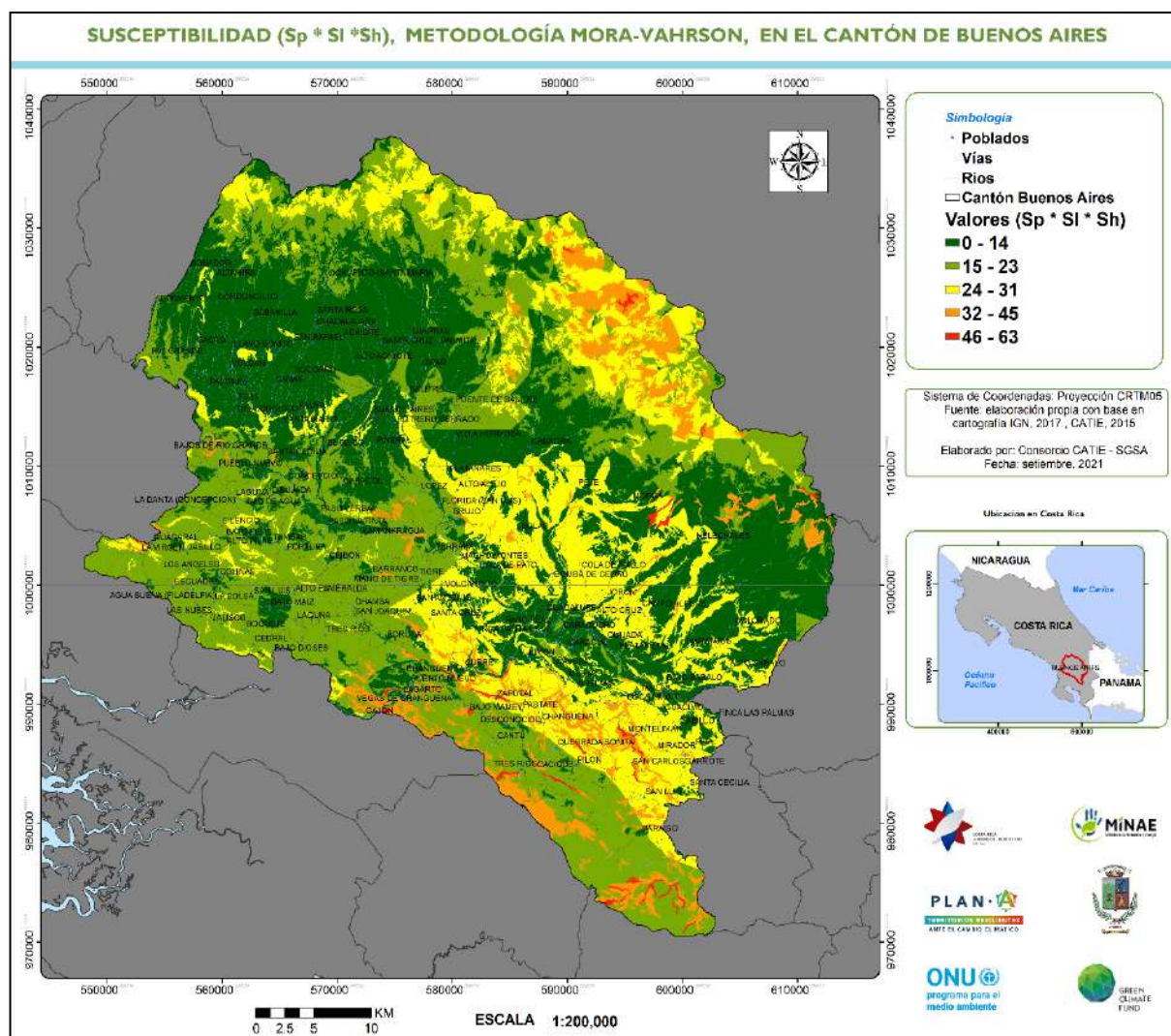


Figura A.2-7. Susceptibilidad potencial a deslizamientos – Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires

A.2.5 Disparo por sismicidad DS

Para deducir el factor de disparo por intensidad sísmica, utilizó el mapa de aceleraciones máximas (pico; PGA) para un período de recurrencia de 500 años (Figura A.2-8), del proyecto RESIS II, en este caso interpolado para un pixel de 10 metros dentro del área de análisis.

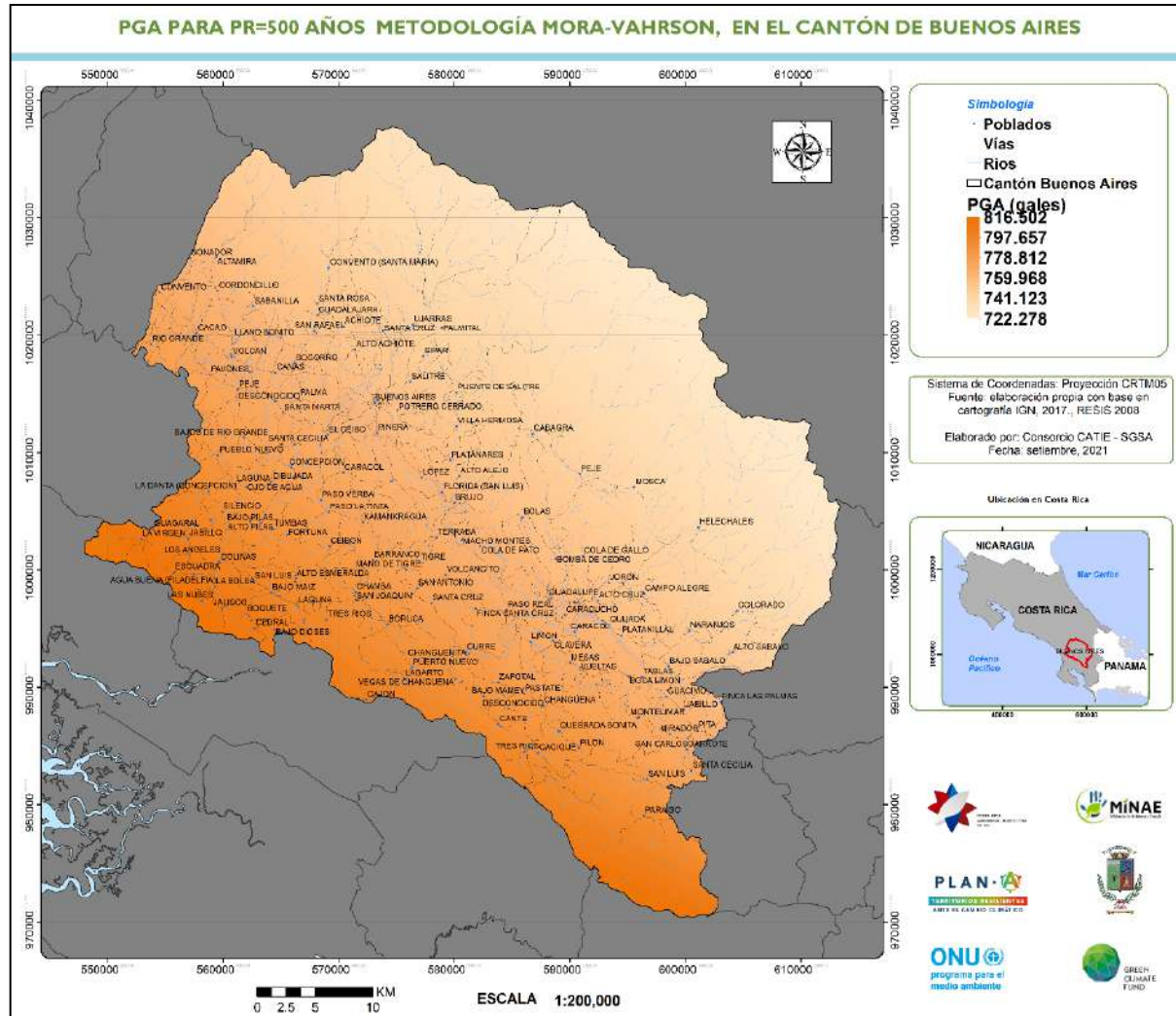


Figura A.2-8. PGA en Gales, período de recurrencia de 500 años, para el cantón de Buenos Aires

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

$$\log_{10} \text{PGA} = -0.63 + 0.55 I_{mm} - 0.018 P_{mm} \quad (17)$$

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

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

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

El mapa del factor de disparo, por sismicidad Ds, se incluye en la Figura A.2-9.

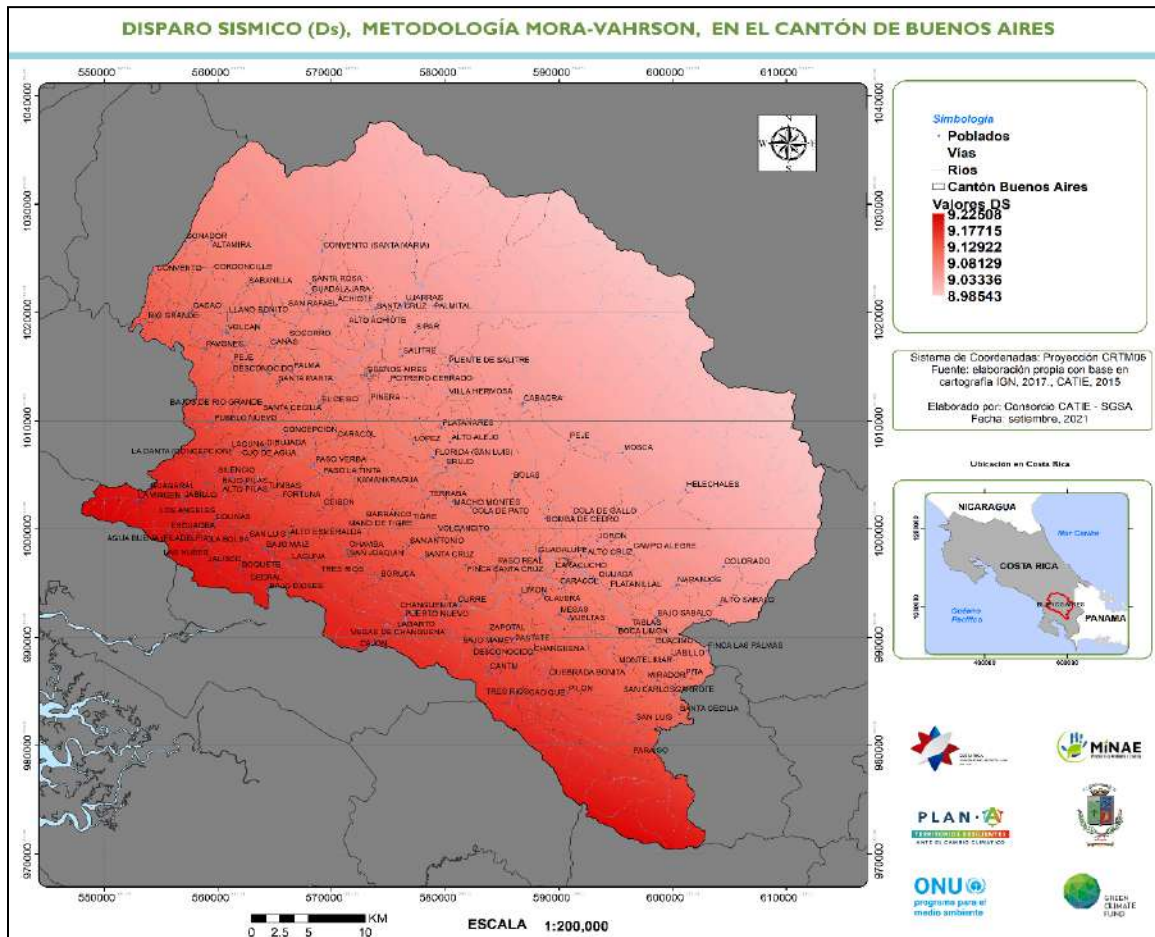


Figura A.2-9. Factor de disparo - sismicidad, método Mora & Vahrson, para el cantón de Buenos Aires

A.2.6 Disparo por intensidad de lluvia (Dp)

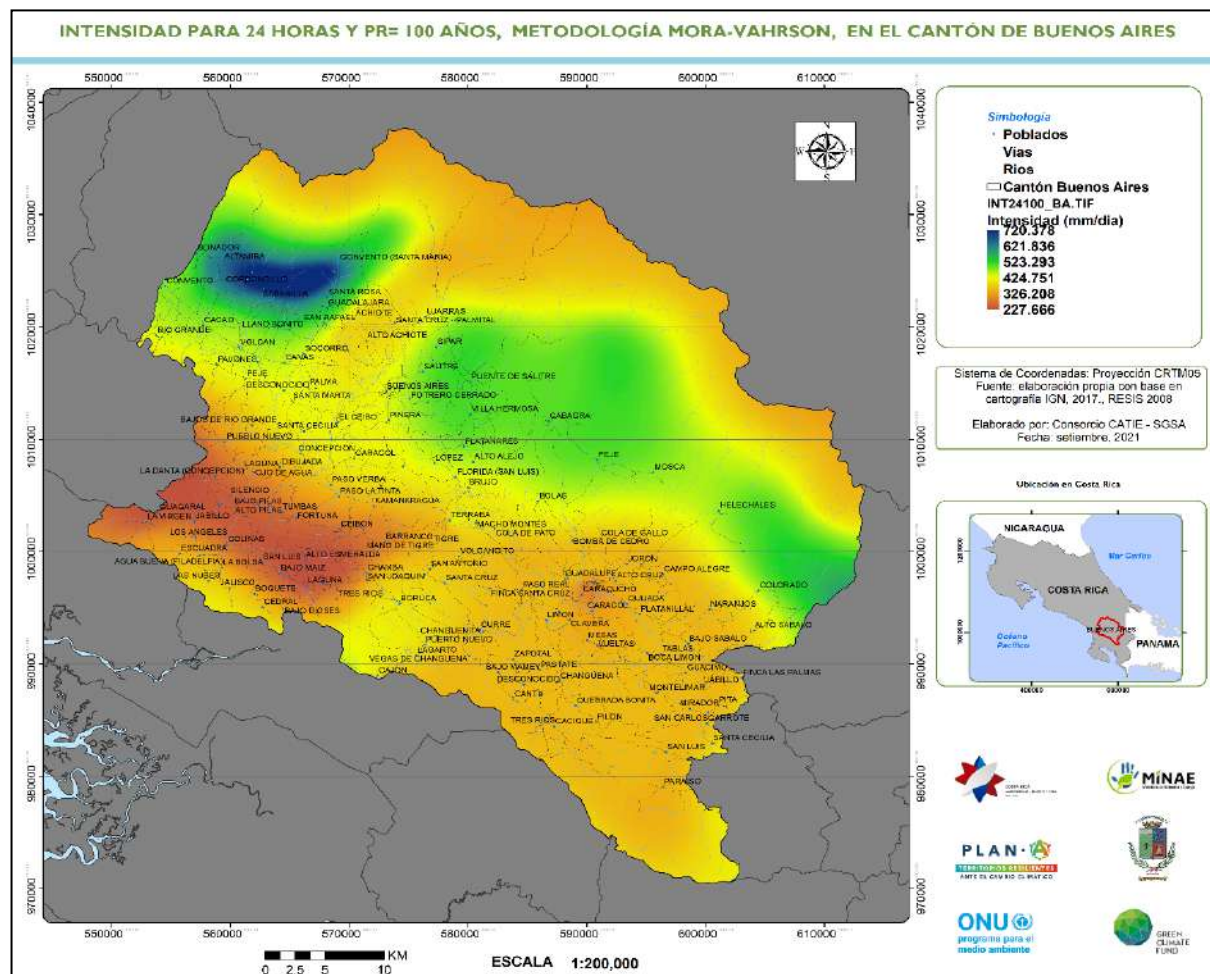
El disparo por intensidad de lluvia (Dp), se obtiene de la clasificación de los eventos diarios de precipitación, para 24 horas, y un período de recurrencia de 100 años, de acuerdo con el Cuadro A.2-4.

Cuadro A.2-3. Calificativo para la precipitación máxima de 24 horas, para Tr= 100 años

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

Fuente: Metodología Mora & Vahrson, 2015.

El mapa de intensidad de la lluvia para una duración de 24 horas y un periodo de recurrencia de 100 años se incluye en la Figura A.2-10.



El mapa del disparo por lluvia (Dp), se incluye en la Figura A.2-11. Se observa que la mayor parte de la cuenca está expuesta a valores del parámetro de disparo derivado de la intensidad de las lluvias van de casi 5 en la parte central norte donde se observan 3 núcleos bajando tanto al norte como al sur, con un núcleo menor en la parte suroeste de con valor de 3.2.

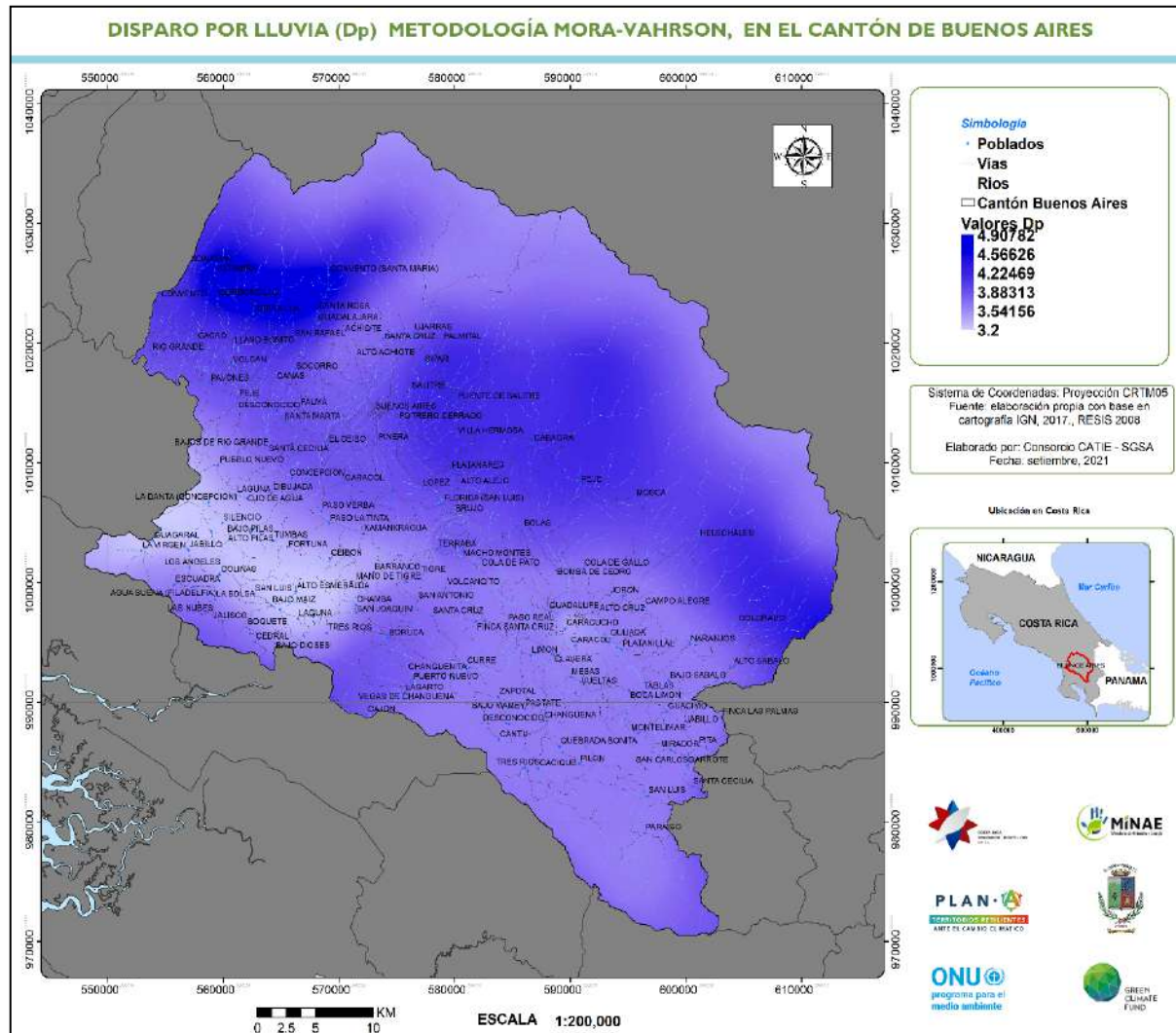


Figura A.2-11. Disparo por intensidad de lluvia (Dp), método Mora & Vahrson, en el cantón de Buenos Aires

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 A.2-12 y presenta valores en el rango de 12,5 a 14,2 como valores 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.

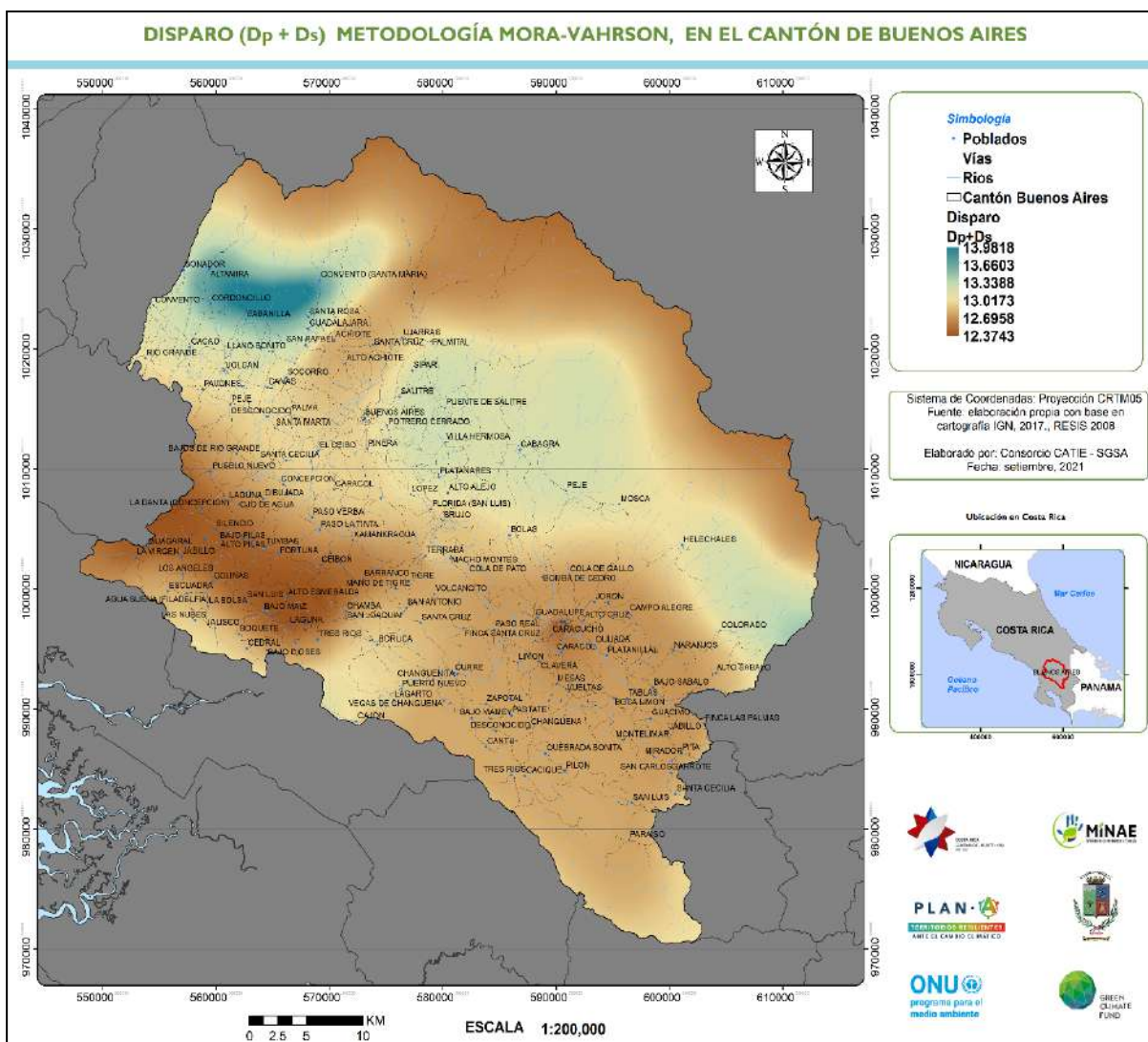


Figura A.2-12. Disparo total (Ds+Dp), método Mora & Vahrson

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 A.2-4 y el resultado en la Figura A.2-13

Cuadro A.2-4. Reclasificación de la amenaza por deslizamientos, según el método Mora&Vahrson.

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

Fuente: Modificado de metodología Mora & Vahrson, 2011.

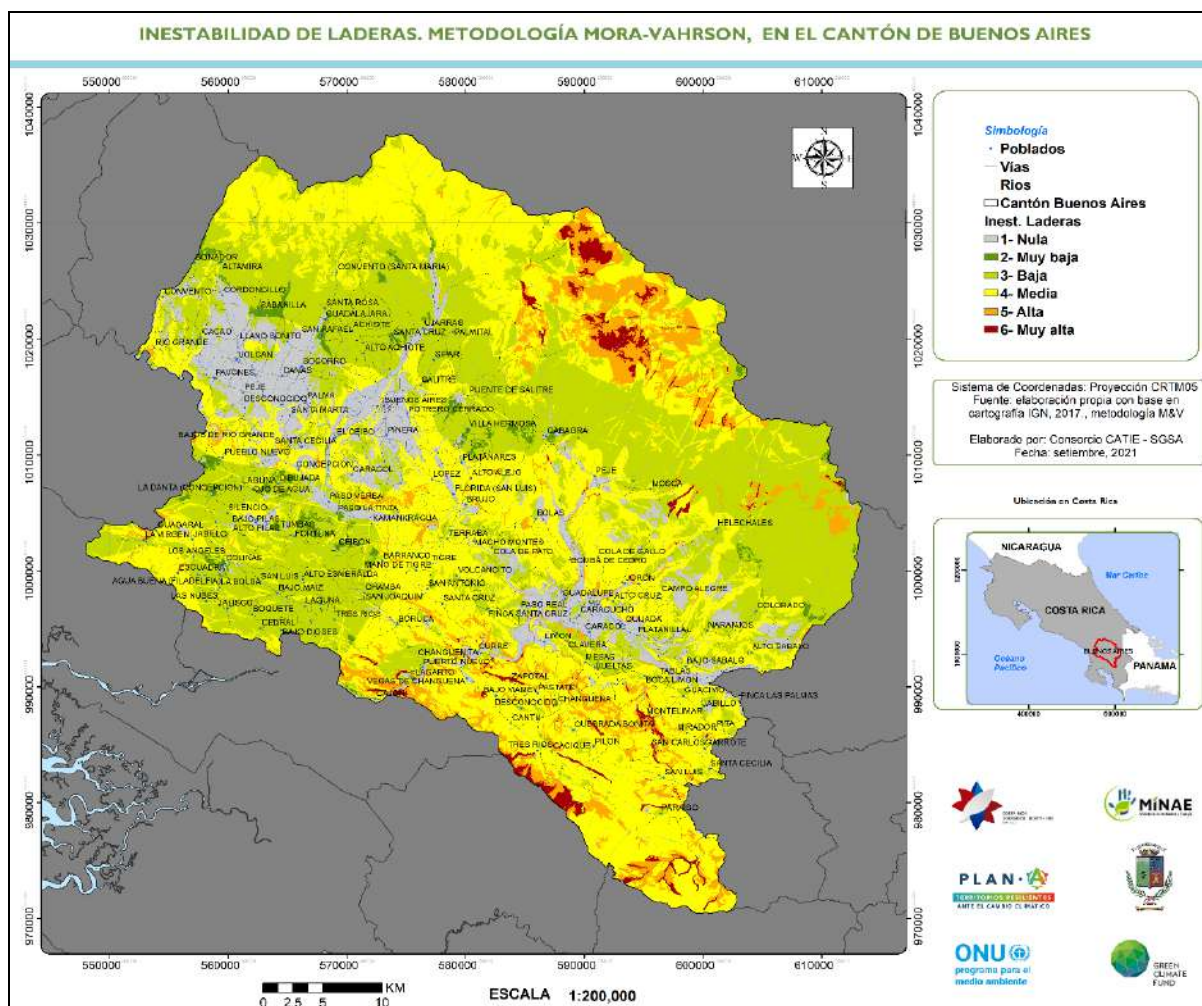


Figura A.2-13. Inestabilidad de laderas, método Mora & Vahrson.

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 macrozonificación 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:

$$SE = R * K * LS * CP \quad (A.3-1)$$

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)

A.3.1 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:

$$Ec = 1.213 + 0.890 \log_{10} I \quad (A.3-2)$$

Donde:

- Ec= energía cinética en Kg m / m² 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 $[MJ \text{ mm} / (\text{Ha hr yr})]$, 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 Buenos Aires, se utilizó el mapa de isoerodentas (factor R), en Buenos Aires, que fue calculados por ICE en 2010.

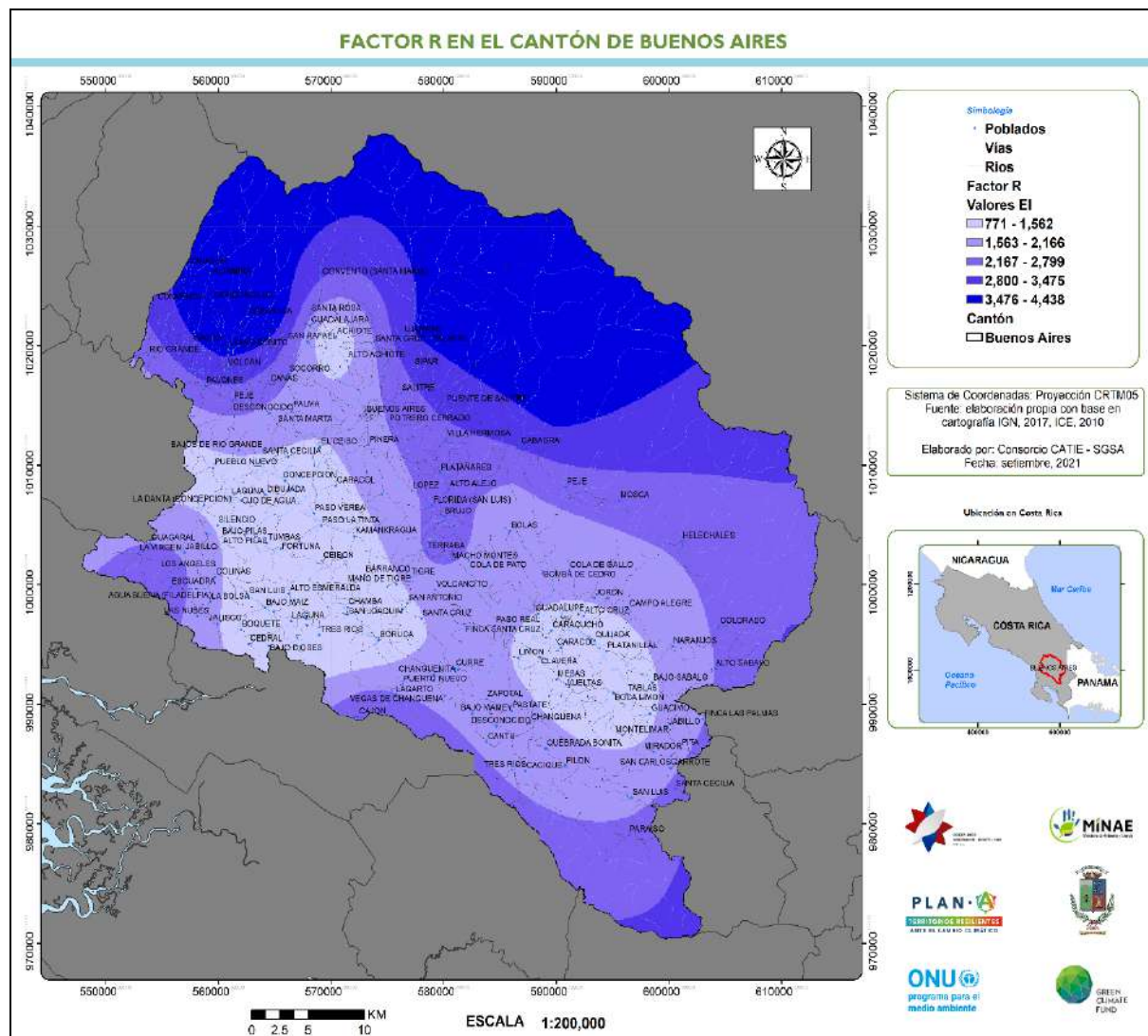


Figura A.3- 1. Factor R (erosividad de la lluvia), cantón de Buenos Aires.
Fuente: elaboración propia con modelo de Vahrson, estimado por ICE, 2010.

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).

[illegible]

107

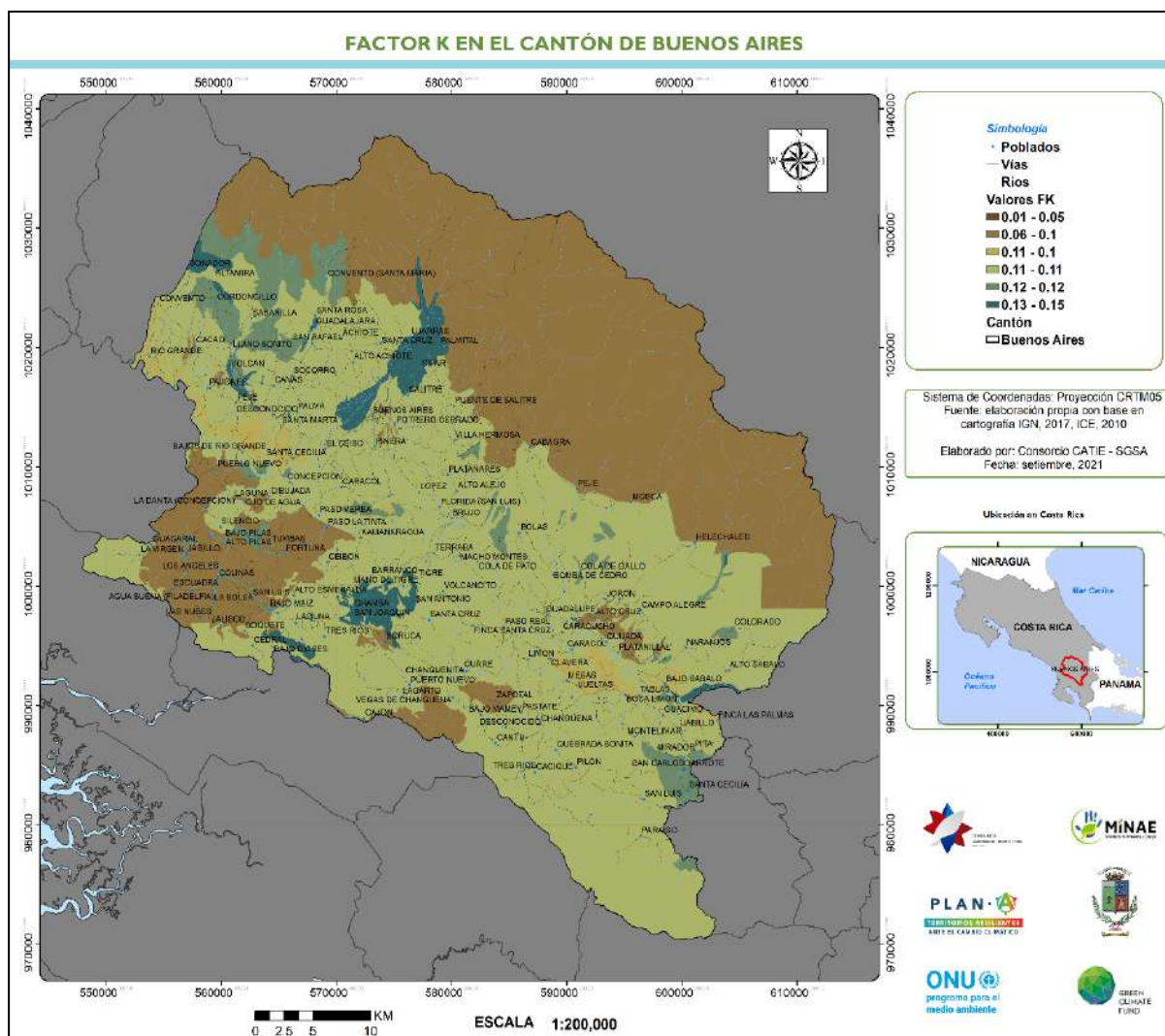


Figura A.3- 3. Factor K (erodabilidad de los suelos), área de Buenos Aires
Fuente: ICE, 2010

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 $[\text{Ton ha hr} / (\text{ha MJ cm})]$, y varían con un rango de valores de 0,001 a 0,15 para el cantón de Buenos Aires, cuyos valores para el cantón, son un indicativo de que el factor de erodabilidad del suelo es medio, en cuanto al aporte a la erosión mediante la fórmula.

A.3.3 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 A.3-3, 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.

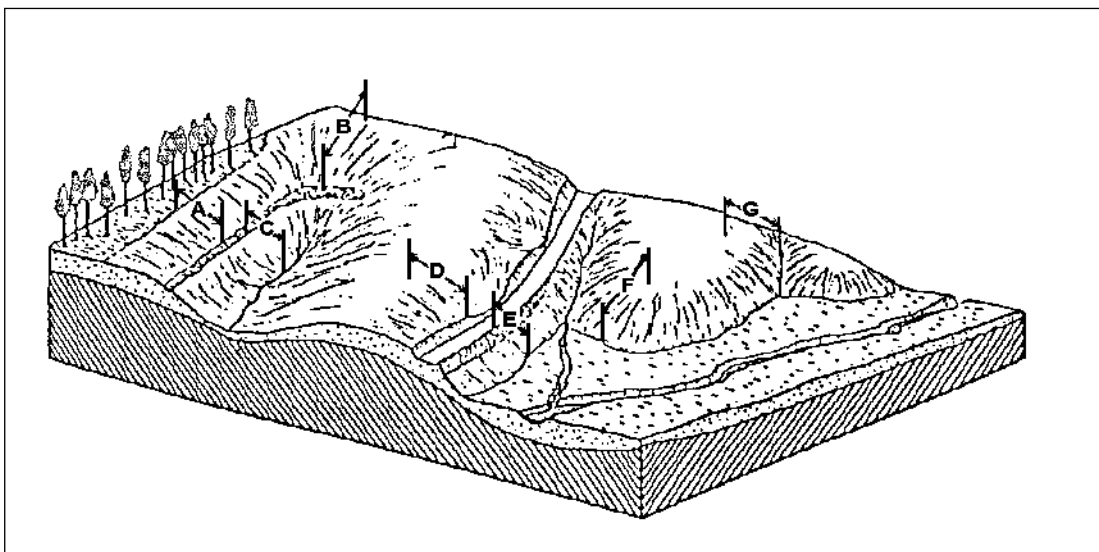


Figura A.3- 4. Ilustración sobre el concepto de longitud del terreno

Determinación del factor LS. El cálculo del factor LS (Figura A.3-4), 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

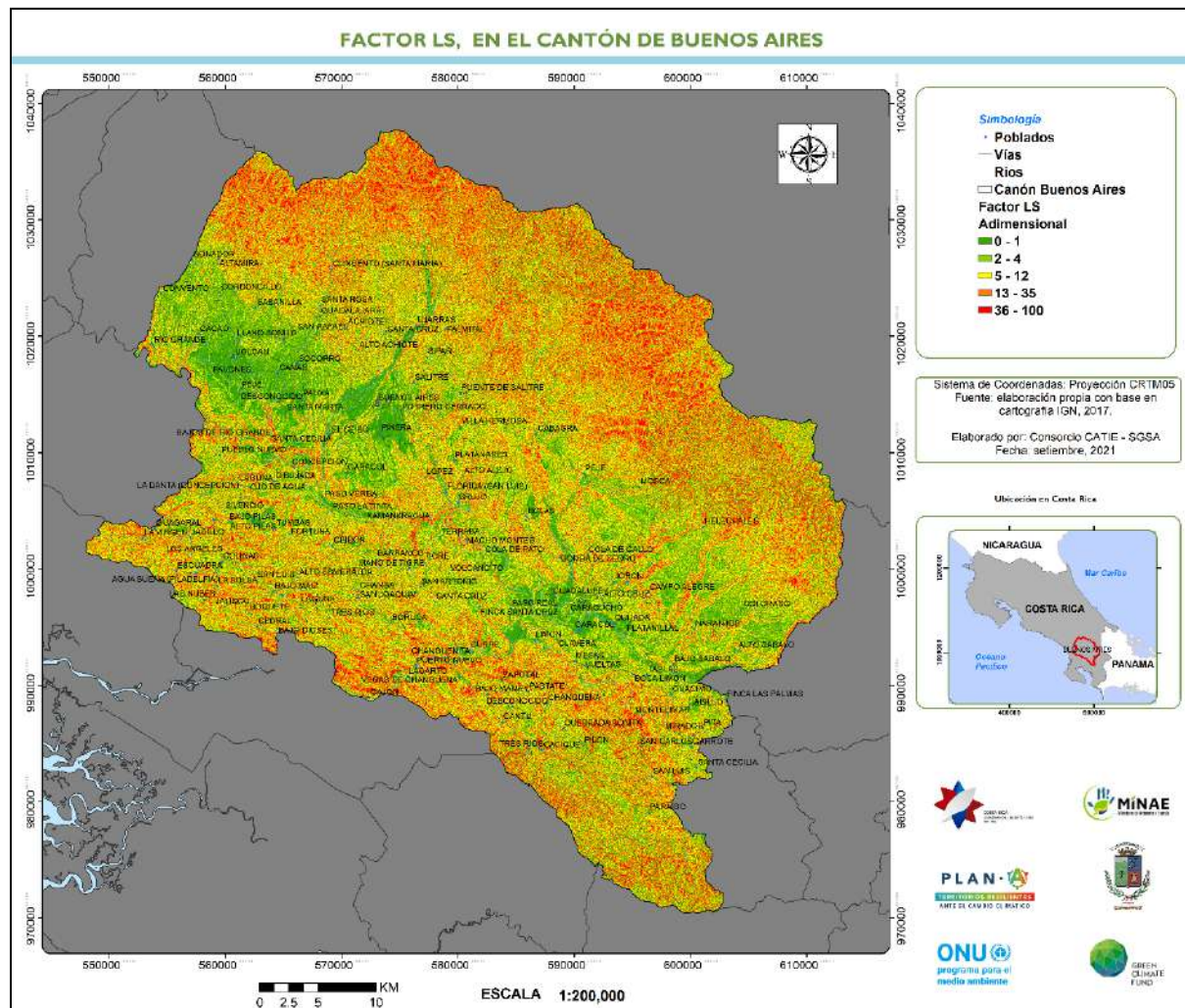


Figura A.3- 5. Factor LS en el cantón de Buenos Aires

A.3.4 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 36, 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 A.3- 1. Valores de “C” y tipo de cobertura

Cobertura vegetal y uso de la tierra	Valor de “C”
Bosque secundario, bosque, bosque palma	0,003
Pastos, terrenos ganaderos	0,01
Terrenos desprovistos de vegetación	0,5
Cultivos permanentes	0,1
Cultivos anuales	0,3
Charrales	0,013
Áreas urbanas ¹⁵	0,01
Lagunas y embalses, ríos	0,0

En la Figura A.3-6 se ha incluido el factor C, tomado en cuenta el uso de la tierra del cantón.

¹⁵ 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.

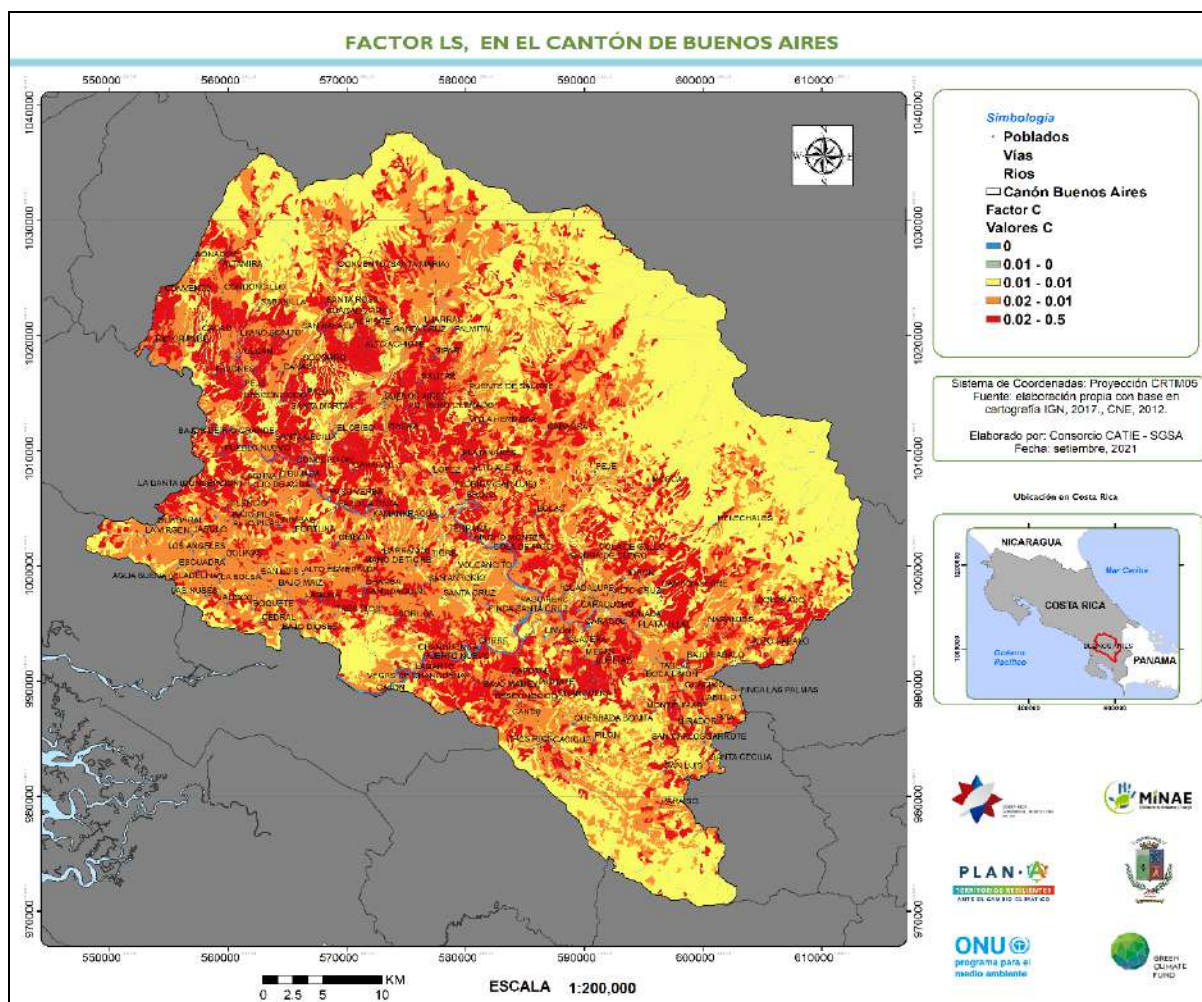


Figura A.3- 6. Factor C (uso y tipo de cobertura) en el área de Buenos Aires

A.3.5 Factor de prácticas de conservación (P)

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

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

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

A.3.6 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 incluyó en la Figura 16 del informe.

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.

Sin embargo, esta clasificación no se cuenta para el cantón de Buenos Aires, por lo que se emplea en su lugar la capacidad forestal de la Neotrópica, donde las clases 1 a 4 son agrícolas, producido en el 2004, a escala nacional.

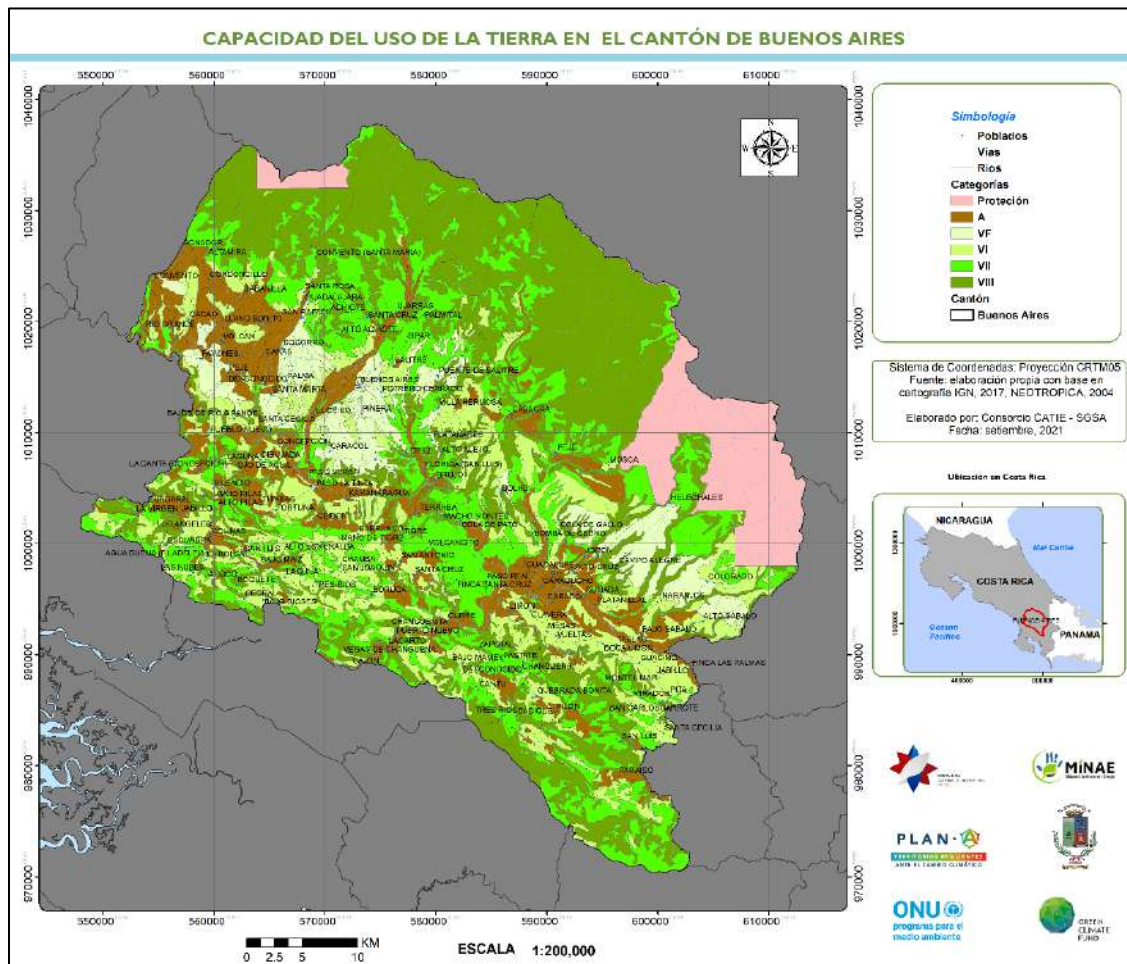


Figura A.4-1. Capacidad de uso de la tierra para el cantón de Buenos Aires

A.4.1 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 Buenos Aires 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 y del desarrollo productivo, 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.

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 se habla del proceso existente a nivel país, en esta temática.

En los estudios de planes reguladores los realizadores usan imágenes satélites, o fotos aéreas, recientes para obtener mapas del uso de la tierra, para el área del cantón, siguiendo leyendas simples, dado que, con el uso de sensores, es difícil llegar a subniveles de la clasificación, así, por ejemplo, a nivel de cultivos se deja en cultivos anuales o permanentes, dadas las prácticas de siembra de cultivos mixtos que se realiza en Costa Rica.

El uso de la tierra se incluyó como Figura 15 en el informe.

A.4.2 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.

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 A.4-1, 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 A.4- 1. 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:						
<i>Símbolo</i>	<i>Criterios de definición</i>					
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 o conflictos del uso de la tierra se presentan en la Figura 17 del informe.

Anexo 5 Análisis de exposición en el cantón de Buenos Aires

En este anexo se presenta el análisis de la exposición ante amenazas climáticas y antrópicas en el cantón de Buenos Aires. 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.

A.5.1. 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 A.5.1, que muestra las áreas históricas que se han inundado, logrando clasificar aquellas que son menos vulnerables porque tienen una baja ocupación de la tierra.

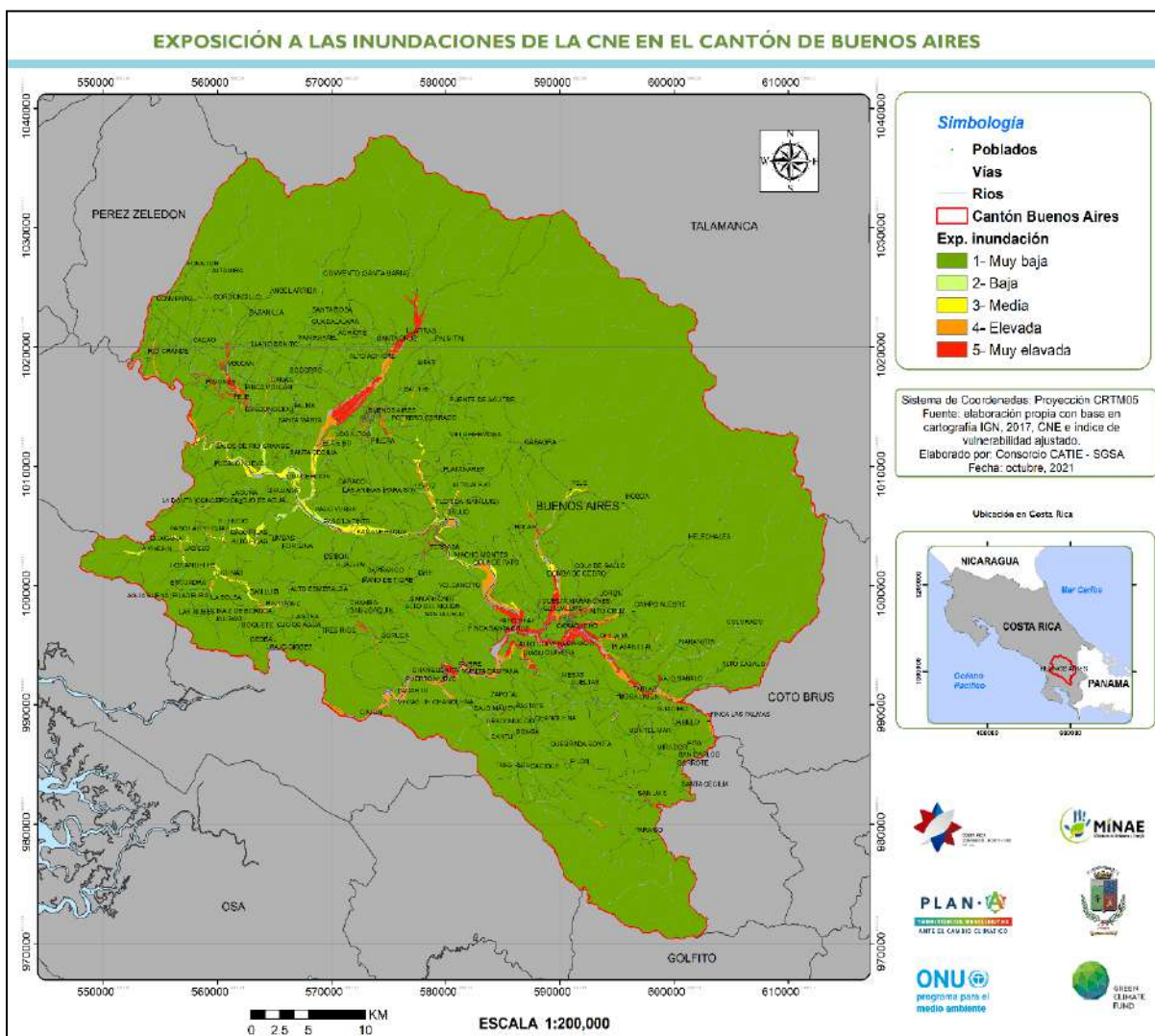


Figura A.5.1. Exposición a las inundaciones de la CNE, en el cantón de Buenos Aires.

A.5.2 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 A.5.2, que muestra las áreas históricas de la inestabilidad de laderas clasificadas por niveles de vulnerabilidad

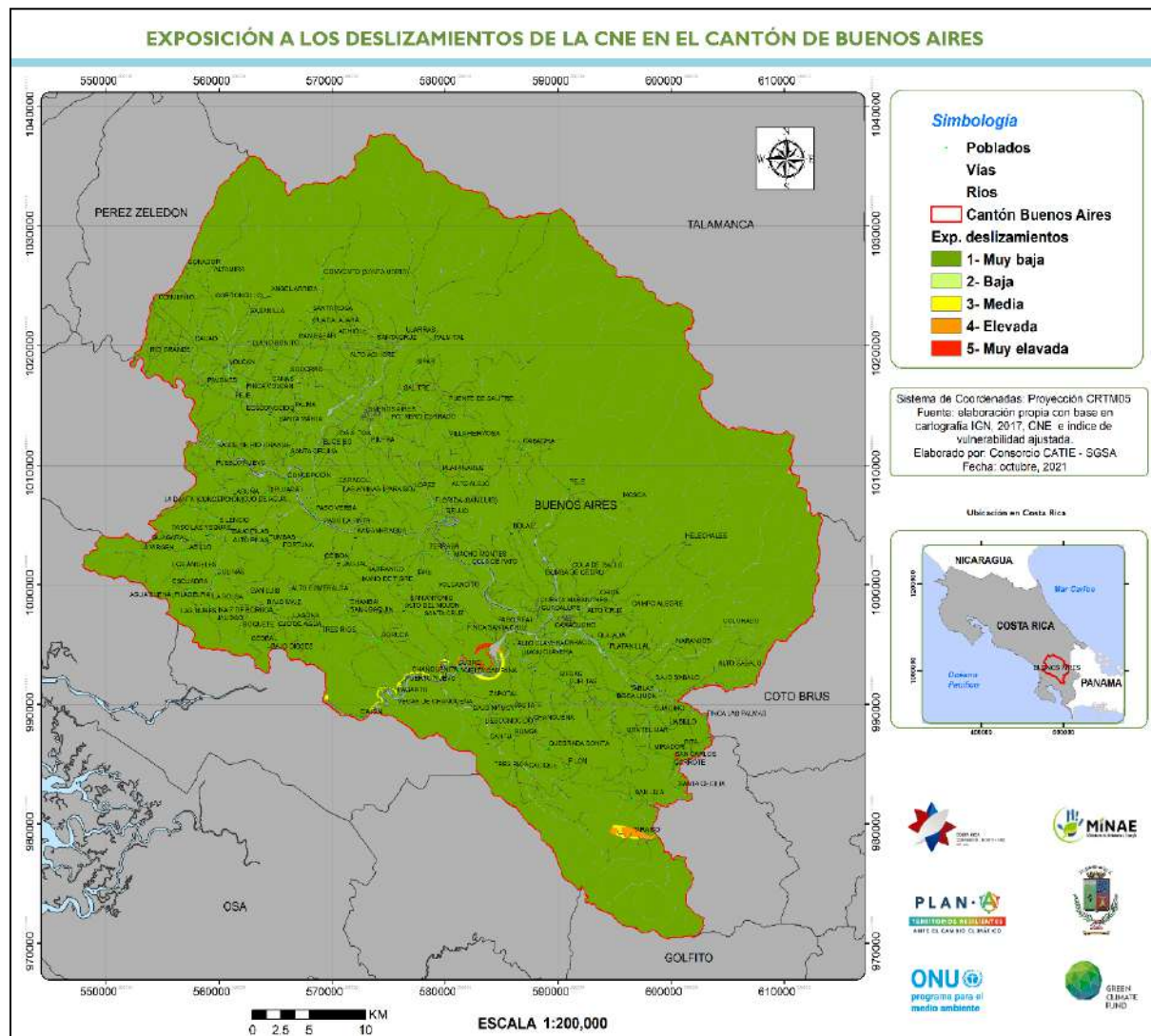


Figura A.5.2. Exposición a la inestabilidad de laderas de la CNE, en el cantón de Buenos Aires

A.5.3. Exposición a la inestabilidad de laderas por la metodología Mora y Vahrson

El cruce del índice de vulnerabilidad ajustada, con las áreas de inestabilidad de laderas de la metodología Mora S. y Vahrson G. (1994), producen la Figura A.5.3, que muestra las áreas de la inestabilidad de laderas potencial clasificadas por niveles de vulnerabilidad.

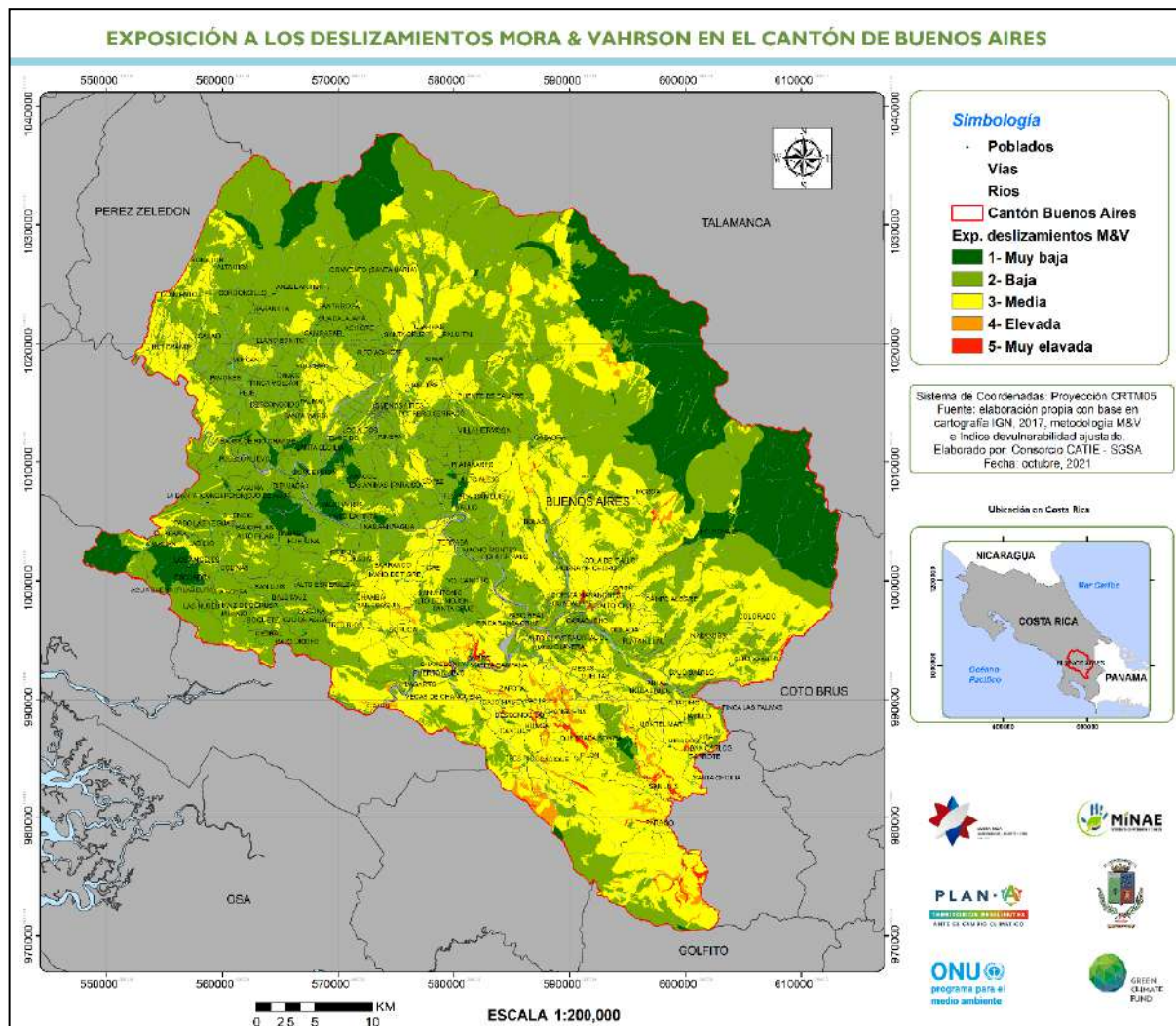


Figura A.5.3. Exposición a la inestabilidad de laderas Mora S. y Vahrson G. (1994), en el cantón de Buenos Aires

A.5.4 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 A.5.4, 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 dañinas asociadas a la cacería.

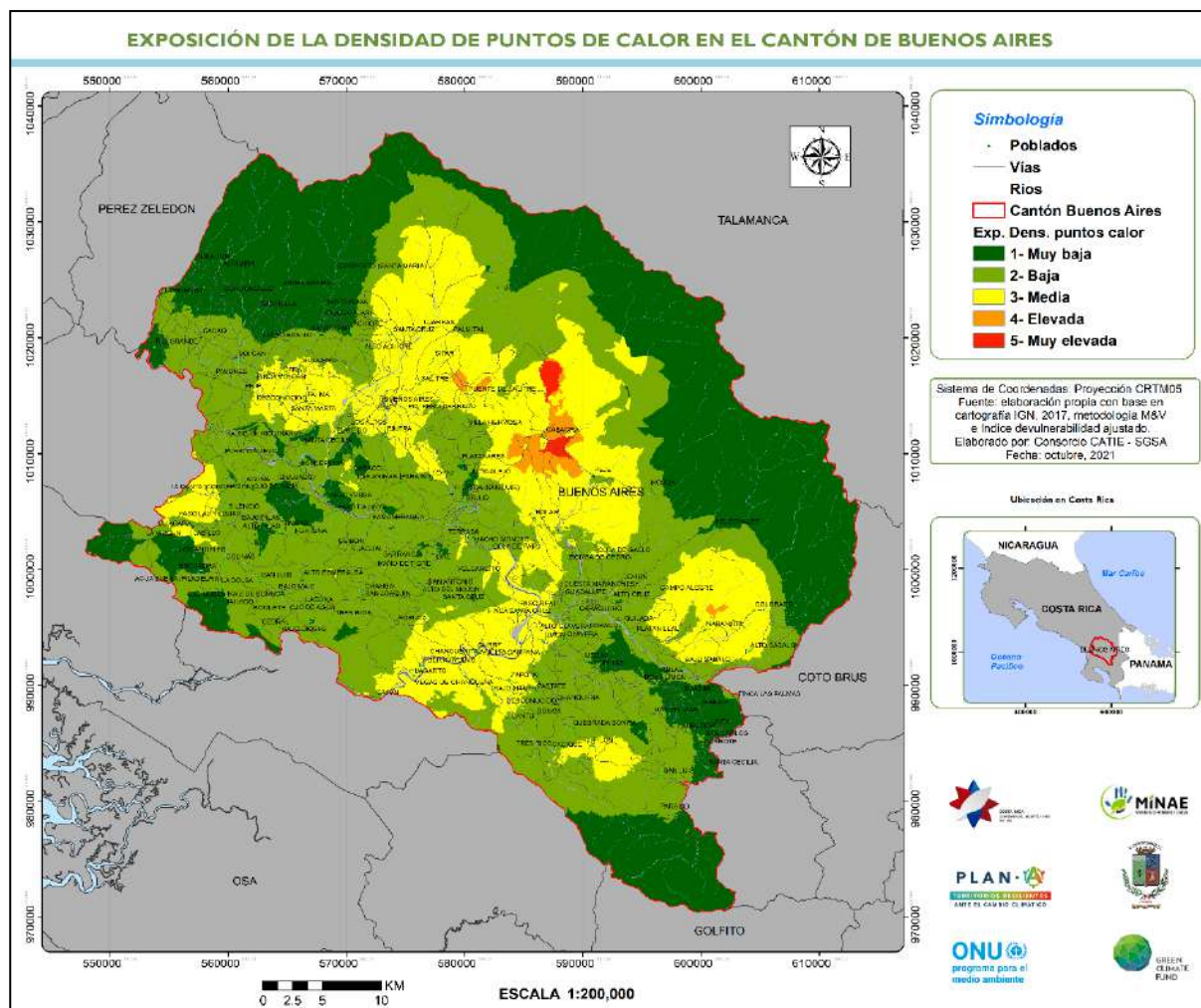


Figura A.5.4. Exposición a la densidad de puntos de calor, en el cantón de Buenos Aires.

A.5.5 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, se propone 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 A.5.5, que muestra las áreas de exposición de la erosión de suelos clasificadas por niveles de vulnerabilidad.

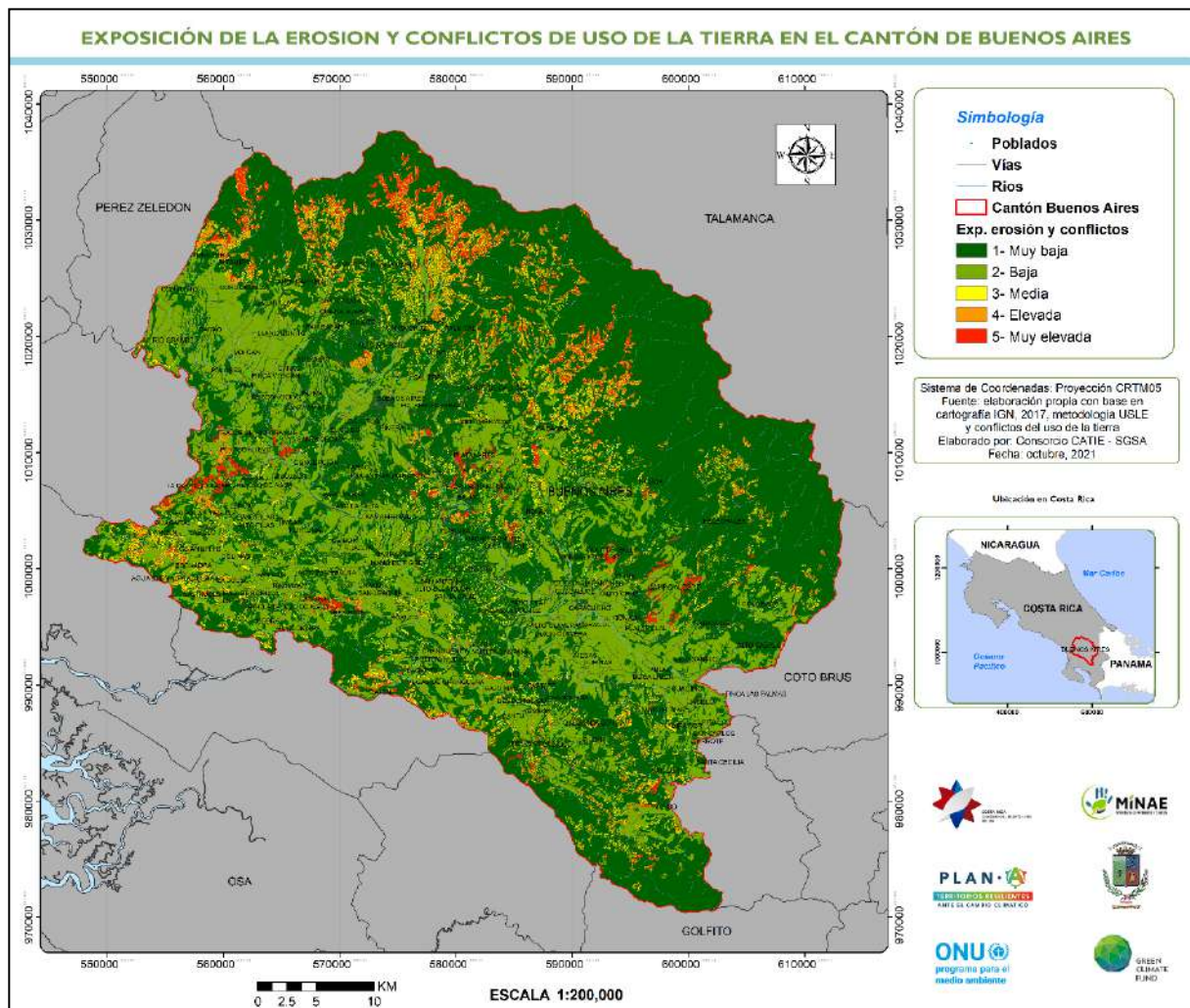


Figura A.5.5. Exposición la erosión laminar respecto a áreas de conflictos de uso de la tierra, en el cantón de Buenos Aires.