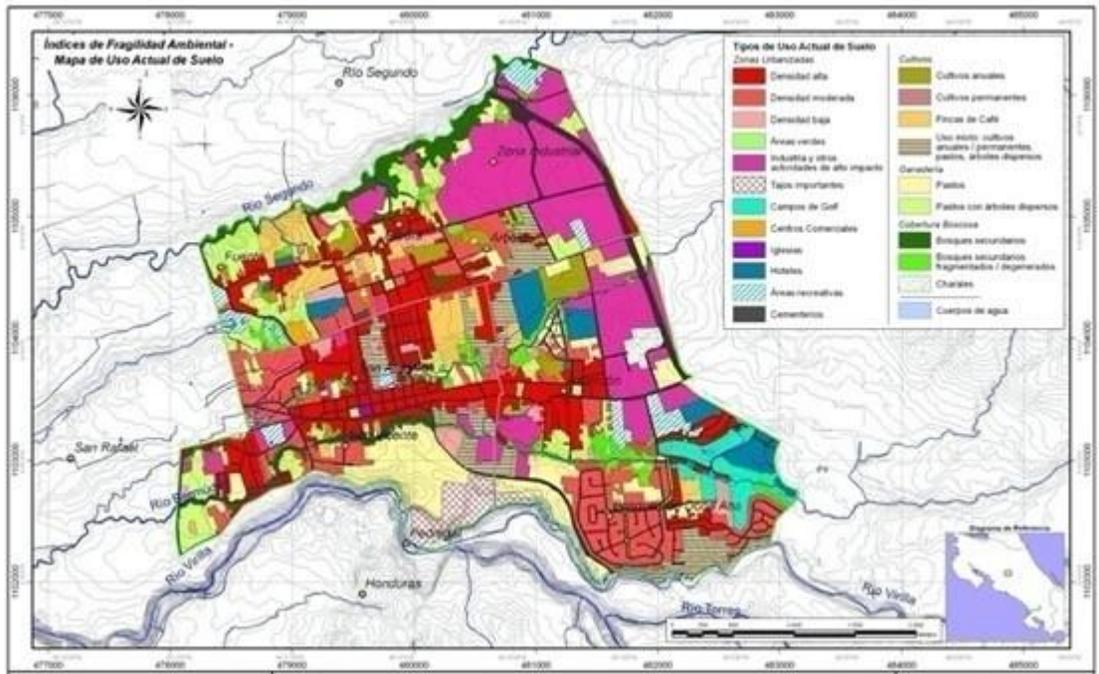




COMPRA DIRECTA 2019CD-000005-0002600001
CONTRATACIÓN DE SERVICIOS PARA ESTUDIO TÉCNICO PARA
LA OBTENCIÓN DE LA VIABILIDAD AMBIENTAL DEL PLAN
REGULADOR DEL CANTÓN DE BELÉN



Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén



2022



REFERENCIA DE ESTE TRABAJO

ASTORGA, A., MENDE, A., CHÁVEZ, L., JENKINS, A.C., GUTIÉRREZ, E., VARELA, G. & HIDALGO, C. (2022): Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del cantón de Belén. Heredia. Costa Rica. Informe técnico de INDECA CONSULTORES a la Municipalidad de Belén. Versión de informe final integrado. Contratación Directa 2019CD – 000005 – 0002600001, 249 p.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1-2
1.1	OBJETIVO DEL ESTUDIO, ANTECEDENTES Y PRODUCTOS GENERADOS.....	1-2
1.2	ÁREA DEL ESTUDIO	1-3
1.3	METODOLOGÍA	1-4
1.3.1	<i>Marco de referencia</i>	1-4
1.3.2	<i>Sistemática de trabajo</i>	1-7
1.4	BASE TOPOGRÁFICA Y ESCALA DE TRABAJO.....	1-8
1.5	ORGANIZACIÓN DEL INFORME	1-9
1.6	ALCANCE DEL INFORME	1-9
1.7	SALVAGUARDA SOBRE EL ALCANCE DEL DICTAMEN TÉCNICO	1-10
1.8	CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL	1-10
1.9	DURACIÓN DEL ESTUDIO TÉCNICO	1-11
1.10	CONSULTA Y DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS	1-11
1.11	GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS	1-11
1.12	PRINCIPIOS GENERALES UTILIZADOS PARA LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....	1-14
1.13	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL DECRETO EJECUTIVO NO. 32967 – MINAE Y LA HERRAMIENTA DE FLEXIBILIZACIÓN DEL DE 39150 Y SU MODIFICACIÓN.....	1-15
1.14	IMPORTANCIA AMBIENTAL DE APLICAR LA METODOLOGÍA DEL DECRETO EJECUTIVO NO. 32967 – MINAE COMO BASE DE LA INTRODUCCIÓN DE LA VARIABLE AMBIENTAL EN EL POT	1-21
1.15	APLICACIÓN DEL DECRETO EJECUTIVO NO. 39150	1-23
2	IFA GEOAPTITUD.....	2-24
2.1	INTRODUCCIÓN	2-24
2.2	GEOLOGÍA.....	2-25
2.2.1	<i>Geología Regional</i>	2-25
2.2.2	<i>Geología y Estratigrafía local</i>	2-26
2.2.3	<i>Geología estructural</i>	2-31
2.3	ASPECTOS DE IFA LITOPETROFÍSICOS Y CERTIDUMBRE DE LOS DATOS	2-36
2.4	IFA GEOAPTITUD - FACTOR GEODINÁMICA EXTERNA	2-50
2.4.1	<i>Introducción</i>	2-50
2.4.2	<i>Geomorfología Regional</i>	2-52
2.4.3	<i>Geomorfología Local</i>	2-53
2.4.4	<i>IFA Geodinámica externa y certidumbre de los datos</i>	2-67
2.5	IFA GEOAPTITUD - FACTOR HIDROGEOLOGÍA	2-76
2.5.1	<i>Introducción</i>	2-76
2.5.2	<i>Aspectos hidrogeológicos regionales a considerar</i>	2-77
2.5.3	<i>Hidrogeología Local</i>	2-79
2.5.4	<i>Mapa IFA Geoaptitud Hidrogeológica</i>	2-87
2.5.5	<i>Resultados del Mapa IFA Geoaptitud Hidrogeológico</i>	2-94
2.5.6	<i>Certificación de certidumbre</i>	2-101
2.6	FACTOR AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS	2-103
2.6.1	<i>Introducción</i>	2-103
2.6.2	<i>Resultados para el área de estudio</i>	2-107

2.7	IFA GEOAPTITUD - FACTOR AMENAZAS NATURALES	2-115
2.7.1	<i>Introducción</i>	2-115
2.7.2	<i>Factor Amenaza por eventos Sísmicos y potencial de ruptura en superficie por falla geológica activa</i>	2-120
2.7.3	<i>Factor Amenaza por Licuefacción</i>	2-132
2.7.4	<i>Factor Amenaza por Inundaciones</i>	2-133
2.7.5	<i>Factor Amenaza por Tsunamis</i>	2-139
2.7.6	<i>Factor Amenaza por Actividad Volcánica</i>	2-140
2.8	MAPA DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA) – GEOAPTITUD AMENAZAS NATURALES.....	2-142
2.9	MAPA DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA) – GEOAPTITUD.....	2-148
2.9.1	<i>Importancia práctica</i>	2-148
2.9.2	<i>Resultados en el área de estudio</i>	2-152
3	ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA): BIOAPTITUD	3-155
3.1	INTRODUCCIÓN	3-155
3.1.1	<i>Marco teórico</i>	3-155
3.1.2	<i>Alcance práctico del IFA Bioaptitud</i>	3-156
3.2	METODOLOGÍA PARA LA CLASIFICACIÓN DE USO DEL SUELO PARA BIOAPTITUD	3-159
3.2.1	<i>Introducción</i>	3-159
3.3	CATEGORÍAS DEL USO DEL SUELO	3-160
3.3.2	<i>Zonas Urbanas</i>	3-162
3.3.3	<i>Zonas Agrícolas</i>	3-162
3.3.4	<i>Pastos</i>	3-167
3.3.5	<i>Ecosistemas Naturales</i>	3-169
3.3.6	<i>Comentarios</i>	3-171
3.3.7	<i>Resultados de la visita de campo</i>	3-171
3.4	MAPAS TÉCNICOS PARA IFA BIOAPTITUD	3-173
3.4.1	<i>Mapas temáticos relevantes</i>	3-173
3.4.2	<i>Corredores biológicos</i>	3-176
3.4.3	<i>Bosques según las zonas de vida</i>	3-176
3.4.4	<i>Áreas silvestres protegidas en el cantón de Belén</i>	3-184
3.5	MAPA DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA) - BIOAPTITUD	3-184
4	ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA): EDAFOAPTITUD.....	4-192
4.1	INTRODUCCIÓN	4-192
4.1.1	<i>Marco teórico</i>	4-192
4.1.2	<i>Aplicación práctica</i>	4-192
4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS Y CAPACIDAD DE USO DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO	4-195
4.2.1	<i>Introducción</i>	4-195
4.2.2	<i>Resumen de tipos de suelos</i>	4-195
4.2.3	<i>Capacidad de uso de la tierra</i>	4-196
4.3	MAPA DEL ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA) - EDAFOAPTITUD	4-200
5	ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA): ANTROPOAPTITUD.....	5-203
5.1	APLICACIÓN PRÁCTICA	5-203
5.2	GENERALIDADES.....	5-204
5.3	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOLECTADA.....	5-205



Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

5.4	INFORMACIÓN ARQUEOLÓGICA.....	5-205
5.4.1	<i>Legislación sobre Patrimonio Arqueológico.....</i>	5-206
5.4.2	<i>Antecedentes Arqueológicos.....</i>	5-208
5.4.3	<i>Sobre el cantón de Belén.....</i>	5-216
5.5	CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN UBICADA EN EL CANTÓN DE BELÉN	5-219
5.5.1	<i>Características demográficas.....</i>	5-220
5.5.2	<i>Características sociales</i>	5-222
5.6	CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS	5-224
5.7	SITIOS HISTÓRICOS	5-226
5.8	INFRAESTRUCTURA VIAL DISPONIBLE.....	5-227
5.8.1	<i>Zonas pavimentadas.....</i>	5-227
5.8.2	<i>Zonas no pavimentadas.....</i>	5-228
5.8.3	<i>Infraestructura peatonal.....</i>	5-228
5.8.4	<i>Puentes sobre cuerpos de agua</i>	5-230
5.9	DESCRIPCIÓN DE ZONAS DE USO DE LA TIERRA	5-230
5.9.1	<i>Mapa de Uso Actual del Suelo</i>	5-230
5.9.2	<i>Zonas urbanizadas (ZU)</i>	5-231
5.9.3	<i>Zonas de uso deportivo, recreativo y/o comunal (ZDRC).....</i>	5-232
5.9.4	<i>Zonas comerciales (ZC).....</i>	5-234
5.9.5	<i>Zonas industriales (ZI).....</i>	5-234
5.9.6	<i>Zonas de uso mixto</i>	5-234
5.10	MEMORIA HISTÓRICA DE DESASTRES EN BELÉN Y AMPLIACIÓN DE INFORMACIÓN DE IFA ANTROPOAPTITUD	5-235
5.10.1	<i>Introducción.....</i>	5-235
5.10.2	<i>Desarrollo urbano del cantón de Belén</i>	5-235
5.10.3	<i>Desastres naturales en el cantón de Belén.....</i>	5-241
5.11	SITUACIÓN AMBIENTAL DEL CANTÓN DE BELÉN.....	5-245
5.12	MAPA DE INSUMO PARA EL MAPA DE IFA ANTROPOAPTITUD	5-251
5.13	ÁREAS DE ADMINISTRACIÓN ESPECIAL EN EL CANTÓN DE BELÉN	5-252
5.14	CRECIMIENTO URBANO FUTURO DEL CANTÓN DE BELÉN.....	5-254
5.15	LIMITANTES Y POTENCIALIDADES TÉCNICAS	5-254
5.16	MAPA DE PAISAJE	5-257
5.17	LIMITANTES Y POTENCIALIDADES TÉCNICAS POR PAISAJE	5-259
5.18	MAPA DE IFA ANTROPOAPTITUD	5-260
6	ÍNDICE DE FRAGILIDAD AMBIENTAL (IFA) INTEGRADO	6-261
6.1	INTRODUCCIÓN.....	6-261
6.1.1	<i>Marco teórico.....</i>	6-261
6.1.2	<i>Aplicación práctica.....</i>	6-261
6.1.3	<i>Tabla de Limitantes Técnicas y recomendaciones de uso del suelo</i>	6-262
6.2	IFA INTEGRADO Y SU SUBCLASIFICACIÓN	6-223
6.3	TABLA DE LIMITANTES Y POTENCIALIDADES TÉCNICAS.....	6-243
7	REFERENCIAS	7-244

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Mapa de base cartográfica del cantón de Belén.	1-4
Figura 1-2 Marco jurídico (principalmente ambiental) que debe tomarse en cuenta para hacer ordenamiento territorial en Costa Rica.....	1-22
Figura 2-1 Mapa geológico de Vargas (2011) con la localización del perfil geológico A (NNE) a A´(SSO) en el que se explican los diferentes tipos de litologías y unidades estratigráficas presentes en el cantón de Belén.	2-27
Figura 2-2 Estratigrafía del subsuelo superior del cantón de Belén, con indicación de litologías, unidades y formaciones estratigráficas, así como su posible edad.	2-28
Figura 2-3 Modelo esquemático del valle de inundación inmediata de un curso de agua en función de la geometría de su primera terraza, para un terreno de relieve bajo a moderado.	2-51
Figura 2-4 Interpretación hidrogeológica de la columna estratigráfica del subsuelo superior del cantón de Belén (modificado de Vargas, 2009 y Protti, 2013).	2-85
Figura 2-5 Perfil hidrogeológico del subsuelo superior del cantón de Belén (modificado de Vargas, 2009).	2-86
Figura 2-6 Diagrama lógico de información técnica – científica requerida para determinar si un terreno dado en nuestro país es susceptible o no a las condiciones de amenazas naturales.	2-118
Figura 2-7 Mapa de intensidades máximas en el siglo XX, cf. Denyer et al. (2003).	2-126
Figura 2-8 Ejemplo de un tipo de terraza fluvial que delimita el valle de inundación inmediata de un río o la zona de influencia directa de los cauces fluviales.....	2-135
Figura 3-1 Fotografía que muestra el denominado efecto de “lomo de perro sarnoso”.	3-158
Figura 3-2 Zona urbana de alta densidad basado en Imagen satelital 2017.	3-163
Figura 3-3 Zonas urbanas de moderada densidad basado en Imagen satelital 2017	3-163
Figura 3-4 Zona urbana de baja densidad, interpretación basada en Imagen Satelital 2017.....	3-164
Figura 3-5 Áreas verdes dentro de una zona urbana de alta densidad basada en Ortofoto 2015	3-164
Figura 3-6 Zona industrial, Sector La Ribera – Fuente: Imagen Satelital 2017.....	3-165
Figura 3-7 Cultivos anuales Sector de Cariari (Chile y cebolla)	3-166
Figura 3-8 Sector de Fátima (Cultivo de café)	3-167
Figura 3-9 Área de pastos – Sector Pedregal.....	3-168
Figura 3-10 Pastos mezclados con árboles, Sector Liceo Experimental Bilingüe Belén (PEDREGAL).....	3-168
Figura 3-11 Área cubierta por bosque secundario. Bosque “La Negra” – La Asunción	3-169
Figura 3-12 Ejemplo de bosque fragmentado – Sector Ojo de Agua	3-170
Figura 3-13 Mapa de biotopos sensibles identificados en el cantón de Belén.....	3-188
Figura 5-1 Sitios arqueológicos cercanos	5-218
Figura 5-2 Ubicación Político Administrativo del Cantón de Belén.....	5-219
Figura 5-3 Red de caminos Cantón de Belén.....	5-229
Figura 5-4 Imagen de uso actual de suelo del Cantón de Belén	5-230
Figura 5-5 Fotos.1 y 2. Ejemplo de las zonas residenciales presentes en el Cantón de Belén.....	5-231
Figura 5-6 Fotos 3 y 4. Ejemplo de la infraestructura comunal identificada en sector del Cantón.....	5-233



Figura 6-1 Ejemplo general de la tabla de limitantes técnicas y recomendaciones de uso del suelo que acompaña el mapa de zonificación ambiental.....	6-263
Figura 6-2 Diagrama que ilustra la lógica para definir usos del suelo en tres macrozonas de fragilidad ambiental comunes en nuestro país.....	6-264
Figura 6-3 Lógica del proceso de establecimiento de parámetros urbanos de referencia según criterios de fragilidad ambiental.....	6-266
Figura 6-4 Factores principales que son tomados en cuenta para establecer una recomendación de altura de las edificaciones según criterios ambientales.....	6-222



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Pasos metodológicos en que fue aplicada la flexibilidad metodológica del criterio de experto en la fase de Zonificación de Fragilidad Ambiental	1-16
Tabla 1-2 Pasos metodológicos en que fue aplicada la flexibilidad metodológica del inciso “c” del artículo 23 del DE 39150 y su modificación para el Informe de Análisis de Alcance Ambiental del cantón de Belén	1-18
Tabla 2-1 Valores de calificación para IFA Geoaptitud Litopetrofísica según el decreto ejecutivo No. 32967– MINAE	2-37
Tabla 2-2 Valor de factores de IFA Geoaptitud Litopetrofísica para las unidades geológicas	2-40
Tabla 2-3 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Litopetrofísico	2-44
Tabla 2-4 Limitantes y potencialidades técnicas – ambientales según condición de fragilidad ambiental por IFA Geoaptitud Litopetrofísica	2-46
Tabla 2-5 Valores de calificación para IFA Geoaptitud Geodinámica Externa según el decreto ejecutivo No. 32967 – MINAE	2-60
Tabla 2-6 Valores de variables geomorfológicas para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud factor Geodinámica Externa	2-62
Tabla 2-7 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Geodinámica Externa	2-68
Tabla 2-8 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geodinámica Externa	2-75
Tabla 2-9 Valores de variables hidrogeológicas para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica	2-89
Tabla 2-10 . Variables a considerar para la elaboración del Mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica, según el decreto ejecutivo No. 32967 – MINAE	2-96
Tabla 2-11 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Hidrogeológicas	2-98
Tabla 2-12 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geoaptitud Hidrogeológica	2-102
Tabla 2-13 Clasificación de fenómenos de inestabilidad de laderas según Mora & Mora (1994) con ejemplos para el Valle Central, pero aplicable para todo el país.	2-104
Tabla 2-14 Factores para confeccionar el Mapa de IFA Geoaptitud – Estabilidad deladeras	2-109
Tabla 2-15 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Deslizamientos	2-110
Tabla 2-16 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenaza por Estabilidad de Laderas (o susceptibilidad a Deslizamientos)	2-112
Tabla 2-17 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geoaptitud Deslizamientos	2-114
Tabla 2-18 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Amenaza Sísmica	2-129
Tabla 2-19 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales por Sísmicidad y Fallamiento Geológico	2-131
Tabla 2-20 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales por Licuefacción	2-133
Tabla 2-21 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales por Inundaciones	2-138
Tabla 2-22 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geoaptitud Inundaciones	2-139
Tabla 2-23 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenaza Volcánica	2-141



Tabla 2-24 Factores para confeccionar el Mapa de IFA – Amenazas Naturales	2-142
Tabla 2-25 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales	2-145
Tabla 2-26 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Integrado	2-149
Tabla 2-27 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud	2-153
Tabla 3-1 Códigos genéricos de la metodología IFA asignados según la categoría del uso de suelo para los mapas de índices de fragilidad ambiental realizados en distintas zonas del país.	3-161
Tabla 3-2. Factores de tomar en cuenta como parte de la elaboración del IFA Bioaptitud según lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE	3-175
Tabla 3-3 Listado de la flora del cantón	3-179
Tabla 3-4 Listado de la avifauna del cantón	3-181
Tabla 3-5 Listado de mastofauna y herpetofauna del cantón	3-183
Tabla 3-6 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Bioaptitud	3-190
Tabla 4-1 Esquema de reagrupación de las siete clases de "Capacidad de Uso" I - VII del sistema del MAG "Capacidad de Uso de las Tierras" a los 5 niveles del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA).	4-197
Tabla 4-2 Limitantes y potencialidades por capacidad de uso de la tierra	4-197
Tabla 4-3 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Edafoaptitud	4-201
Tabla 5-1 Secuencia cronológica (tomado de Corrales 2002)	5-210
Tabla 5-2 Información básica sobre los yacimientos registrados en el cantón de Belén	5-217
Tabla 5-3 Población total por sexo según cantón, provincia y país (%)	5-220
Tabla 5-4 Población mayor de 5 años de edad por indicadores de escolaridad según cantón, provincia y país (%)	5-223
Tabla 5-5 Bienes declarados BIC mediante Ley 7555.	5-226
Tabla 5-6 Viviendas ocupadas por acceso a servicios básicos según cantón, provincia y país (%)	5-232
Tabla 5-7 Programas y proyectos desarrollados por la unidad ambiental de la Municipalidad de Belén	5-245
Tabla 5-8 Factores para confeccionar el Mapa de IFA – Antropoaptitud.	5-252
Tabla 5-9 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Antropoaptitud	5-255
Tabla 5-10 Factores a considerar en el IFA Antropoaptitud – Potencial Paisajístico	5-258
Tabla 5-11 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Paisajismo	5-259
Tabla 6-1 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Integrado y Subclasificación	6-224

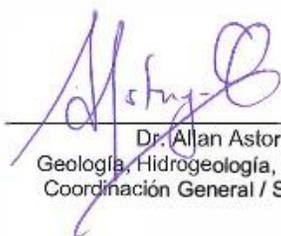


ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5-1 Población total por grupos de edad según cantón, provincia y país (%)	5-222
Gráfico 5-2 Población total por grupos de edad según cantón, provincia y país (%)	5-225
Gráfico 5-3 Evolución del crecimiento urbano en el cantón de belén entre los años censales 1973 y 2011(%)	5-236
Gráfico 5-4 Percepciones de las personas consultadas sobre el desarrollo urbano en distritos del cantón (%)	5-238
Gráfico 5-5 Percepciones de las personas consultadas sobre grado del desarrollo urbano en distritos del cantón (%)	5-239
Gráfico 5-6 Percepciones de las personas consultadas sobre el tipo de desarrollo urbano en distritos del cantón (%)	5-240
Gráfico 5-7 Percepciones de las personas consultadas sobre ocurrencia de desastres en distritos del cantón (%)	5-242
Gráfico 5-8 Percepciones de las personas consultadas sobre ocurrencia de desastres en distritos del cantón (%) *	5-243
Gráfico 5-9 Percepciones de las personas consultadas sobre tipo de afectación por ocurrencia de desastres en distritos del cantón (%) *	5-244
Gráfico 5-10 Percepciones de las personas consultadas sobre situación ambiental de los distritos del cantón (%)	5-247
Gráfico 5-11 Percepciones de las personas consultadas sobre la mala situación ambiental de los distritos del cantón (%)	5-248
Gráfico 5-12 Percepciones de las personas consultadas sobre la buena situación ambiental de los distritos del cantón (%)	5-250

Equipo Consultor

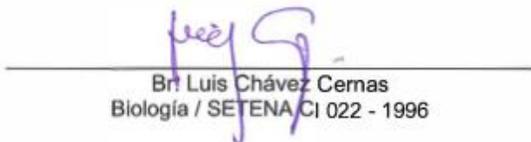
EL PRESENTE DOCUMENTO TÉCNICO SE HA ELABORADO CON LA PARTICIPACIÓN DE LOS SIGUIENTES PROFESIONALES EN CUMPLIMIENTO DE LA CLÁUSULA DE RESPONSABILIDAD AMBIENTAL¹



Dr. Allan Astorga Gättgens
Geología, Hidrogeología, Medio Ambiente Físico
Coordinación General / SETENA CI 084 - 1998



Dr. Andreas Mende
Geología, Geomorfología, Hidrogeología - Especialista en Sistemas de Información
Geográficos / SETENA CI 173-2014



Bn Luis Chávez Cernas
Biología / SETENA CI 022 - 1996



Ing. Ana Cristina Jenkins Moreno
Agronomía / Edafología SETENA CI 003- 2019
Dirección y administración del estudio

¹ "El consultor que suscribe la presente información temática es el responsable directo de la información técnica científica que aporta en el mismo. En virtud de ello, la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad ambiental del Estado costarricense, fiscalizará que el documento que se presente haya cumplido con los lineamientos técnicos establecidos mediante el presente procedimiento y si estos se cumplen aceptará la información presentada como cierta y verídica, a modo de declaración jurada. Sobre la base de los datos aportados, y en consideración de los factores de incertidumbre fijados en el informe, la SETENA podría estar tomando decisiones referentes a la Viabilidad Ambiental del uso de suelo planteado a partir de esa información, de modo que en el caso de que se aportara información falsa o errónea, los firmantes no solo serán responsables por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de esos datos haya incurrido la SETENA (cf. DE 32967 – MINAE).



Lic. Geovanni Varela Dijeres
Legislación Ambiental y Urbana / SETENA CI 047- 13



Bach. Carol Hilda go Jiménez
Sociología / SETENA: CI -155 - 2018



Arq. Enrique Gutiérrez Navas
Arquitectura / Planeación Territorial / SETENA: CI- 050 - 21



Nota 1: Los mapas incluidos en el Atlas de Mapas, forman parte integral del presente Informe de EAE y por tanto están cubiertos por la presente página de responsabilidad profesional del equipo consultor y en particular de su coordinador técnico.

Presentación

Se presenta aquí la Zonificación de Fragilidad Ambiental del cantón de Belén (escala 1:5,000), provincia de Heredia, Costa Rica.

Dicha zonificación ambiental se ha elaborado por medio de la aplicación del Método del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA), establecida por el “*Procedimiento de la Introducción de la Variable Ambiental en los planes reguladores y otro tipo de planificación de uso del suelo*” establecido mediante el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE, publicado en mayo del 2006, así como del Decreto Ejecutivo No. 39150 y su modificación.

El estudio técnico que aquí se documenta ha sido elaborado por un equipo multidisciplinario de profesionales, registrados como consultores ambientales ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) de conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica del Ambiente (Ley 7554 de octubre de 1995). Ello, en estricta aplicación de la Cláusula de Responsabilidad Ambiental, establecida en el Decreto Ejecutivo supra citado.

La zonificación ambiental generada mediante este estudio técnico se utiliza como Base Ambiental Territorial para la elaboración de la propuesta del Plan Regulador (o Plan de Ordenamiento Territorial) del Cantón de Belén.

Este documento forma la primera parte del volumen de documentos que conforman el Estudio de Base Ambiental Territorial y que están constituidos por:

- a. La zonificación de fragilidad ambiental.
- b. El Atlas de Mapas Ambientales.
- c. El Análisis de Alcance Ambiental, y
- d. El Reglamento de Desarrollo Sostenible.

En aplicación del marco técnico y legal vigente, conformado por los instrumentos antes citados, y que establece el requerimiento de que el proceso ambiental se ejecute de forma previa y paralela a la elaboración de la propuesta de Planificación Territorial, el desarrollo de los documentos “c” y “d”, se realiza de forma separada al presente escrito.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo del Estudio, antecedentes y productos generados

El objetivo de este documento es el de presentar la base técnica la zonificación del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) para el territorio del cantón de Belén basado en cuatro ejes de análisis que incluyen IFA Geoaptitud, IFA Edafoaptitud, IFA Bioaptitud y IFA Antropoaptitud, con la finalidad de establecer una base técnica para un plan regulador, que garantice un desarrollo sostenible y ecológicamente equilibrado.

Mediante el presente documento se uniformiza el conjunto de mapas de IFA elaborados, previamente por la Municipalidad de Belén, y los elaborados por el Programa de Ordenamiento Urbano del Gran Área Metropolitana (PRUGAM), entidad que ha aportado a la Municipalidad de Belén el conjunto de mapas que sustentan la zonificación de fragilidad ambiental.

El cartografiado de fragilidad ambiental para el PRUGAM ha sido coordinado por el primer autor de este documento, como parte del trabajo realizado por el Consorcio INDECA – ASTORGA, entidad a cargo de la consultoría del Estudio de Base Territorial Ambiental del Plan PRUGAM. Debido a que ese Plan Regional, ya dispone de Viabilidad Ambiental otorgada por la SETENA, es necesario armonizar su zonificación con el del cantón de Belén, a fin de que exista un correcto y balanceado ajuste entre el plan regional y el plan local.

El presente informe presenta el resultado final de la aplicación de la metodología de IFA para el cantón de Belén, con la versión final de los mapas de IFA de ejes temáticos, el Mapa de IFA integrado y su respectiva zonificación y subzonificación, así como la tabla de uso limitantes técnicas y usos del suelo recomendados según la fragilidad ambiental determinada.

1.2 Área del Estudio

El espacio geográfico en referencia se localiza en la parte noreste de la unidad geomorfológica del Valle Central y corresponde con el Cantón de Belén, Provincia de Heredia, Costa Rica. Se abarcó una superficie de 12,37 km² o 1237.4 ha.

En la **Figura 1 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el mapa de base cartográfica utilizado en el informe de zonificación de fragilidad ambiental del cantón de Belén. La línea verde indica el límite del cantón de Belén suministrado por la Municipalidad y utilizado para este estudio. Los límites utilizados corresponden a los oficiales suministrados por el Instituto Geográfico Nacional, que al tenor de la Ley N°. 59 “Ley de Creación y Organización del Instituto Geográfico Nacional”, artículo 10, constituye los límites oficiales.

Dado que existe una diferencia de criterio entre las municipalidades de Alajuela y Belén, en el límite entre ambos cantones en el sector oeste de Belén, se ha utilizado aquí lo que denominamos el límite mayor, cual cubre el área en discusión. Debido a ello, para este sector los límites que se presentan en este estudio difieren del límite convencional presente. Se hace así a fin de cubrir la zona, sin que ello signifique ninguna decisión final sobre el tema de la diferencia entre ambos gobiernos locales.

Se solicita a la SETENA que se realice el análisis correspondiente en función de estos datos. Esta puede ser la causa de que los datos del SNIT no necesariamente coincidan, de allí que para el objetivo del estudio se solicita que se consideren los límites tal y como se indican en la siguiente Figura 1-1 Mapa de base cartográfica del cantón de Belén.

1.3 Metodología

1.3.1 Marco de referencia

El marco metodológico fundamental para el desarrollo de la zonificación de fragilidad ambiental es el establecido en el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE, referente a la introducción de la variable ambiental en los planes reguladores o cualquier otro tipo de planificación territorial.

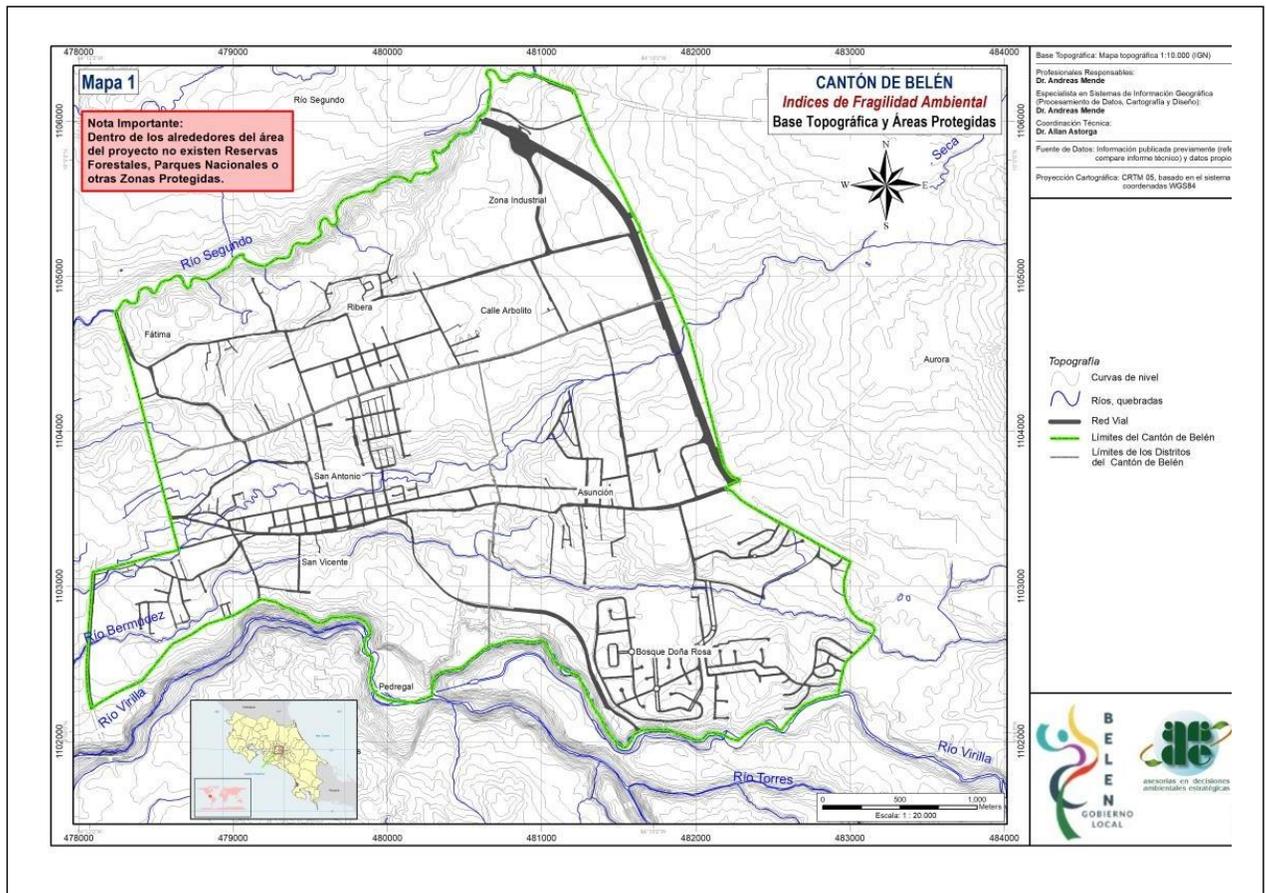


Figura 1-1 Mapa de base cartográfica del cantón de Belén.

La línea verde corresponde con el límite del cantón suministrado por la Municipalidad de Belén.

La metodología de Ordenamiento Ambiental Territorial (OAT) sobre el que se basa el referido decreto ejecutivo, aplicando el concepto de zonificación por Geoaptitud de Terrenos, y del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA), tiene como finalidad primordial el desarrollo de una zonificación del espacio geográfico en función de sus aptitudes naturales, a fin de aplicar el principio de “*adaptar el uso antrópico a las condiciones naturales del Medio Ambiente*” y no la de adaptar el medio ambiente, al uso antrópico, principio desarrollista que induce, en algunas ocasiones, a forzar el uso del terreno en actividades no aptas para el mismo, lo cual, a la postre provoca una situación de desequilibrio ambiental.

La metodología del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) tiene el propósito de evaluar el balance total de carga ambiental de un terreno, que sumaría la condición de aptitud natural del mismo, la condición de carga ambiental inducida y la capacidad de absorción de la carga ambiental adicional.

El análisis de un terreno dado está basado en los cuatro ejes de análisis IFA Geoaptitud, IFA Edafoaptitud, IFA Bioaptitud y IFA Antropoaptitud. Para cada una de los IFA se establece una categorización de 5 niveles (I-V) con un creciente valor para el desarrollo de actividades humanas (uso humano), respectivamente un valor decreciente de la fragilidad ambiental. Generalmente las restricciones para el uso humano en función de los 5 niveles (I-V) de los IFA se pueden resumir como sigue:

- **nivel I - muy alto:** terrenos no aptos para el uso humano, a lo mejor declarados como zonas protegidas o bien con muchas o muy significativas limitantes para el uso humano, particularmente la ocupación humana.
- **nivel II - alto:** limitaciones serias para el uso humano.
- **nivel III - moderado:** limitaciones moderadas - terrenos con un potencial intermedio para el uso humano.
- **nivel IV - bajo:** limitaciones de poca consideración - terrenos con un potencial amplio para el uso humano.
- **nivel V - muy bajo:** ninguna limitación o limitaciones de baja significancia para el uso humano.

El **IFA Geoaptitud** analiza las características de la superficie, de la capa del suelo y del subsuelo (superior) al respecto de la aptitud para diferentes tipos de uso humano con base en los siguientes factores del IFA Geoaptitud:

- *Factor Litopetrofísico: Aptitud de terrenos para proyectos de construcción (p.e. edificios, infraestructura) y estabilidad general en función de características de suelos y rocas.*
- *Factor Geodinámica Externa: Aptitud de terrenos para el uso humano en función de características de la superficie y procesos de erosión/sedimentación.*
- *Factor Hidrogeología: Aptitud de terrenos para el uso humano en función del potencial para la contaminación de acuíferos subterráneos o afectación de áreas de recarga acuífera.*
- *Factor Amenaza por Deslizamientos: Aptitud de terrenos para el uso humano en función de la probabilidad de deslizamientos y derrumbes.*
- *Factor Amenazas Naturales: Aptitud de terrenos para el uso humano en función de la probabilidad de amenazas naturales (sismicidad, inundaciones, fallas geológicas, volcanismo, entre otros).*

El **Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) Edafoaptitud** refleja la capacidad de un terreno dado para los diferentes tipos de actividad agropecuaria en función de las características específicas de la capa del suelo, de la topografía y características climáticas.

El **Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) Bioaptitud** considera el grado de la sensibilidad y fragilidad de biotopos naturales, así como el valor recreativo de zonas verdes para los habitantes de los alrededores.

El **Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) Antropoaptitud** evalúa los tipos de uso actual de suelo para un terreno dado en función de sus posibles efectos negativos para el ambiente. Además, considera el valor histórico, así como estético de construcciones arquitectónicas y sitios arqueológicos.

Toda la información cartográfica se procesa de forma digital, en un Sistema de Información Geográfico (SIG).

El producto de la Zonificación de IFA, deriva en la determinación de diferentes escalas de Fragilidad Ambiental, sobre cuya base se delinearán el conjunto de limitantes técnicas para el desarrollo de los espacios geográficos en análisis.

De esta forma, la Zonificación de IFA no representa un procedimiento prohibitivo para el uso del suelo, sino más bien de tipo restrictivo, es decir, que enlista el conjunto de limitantes técnicas que implica un supuesto uso antrópico.

1.3.2 Sistemática de trabajo

La obtención de la información temática para la elaboración de los diferentes mapas de IFA ha seguido la siguiente sistemática:

1. Investigación y procesado de información técnica publicada o disponible sobre el tema y para el área de estudio.
2. Investigación y procesado de información técnica facilitada por la Municipalidad de Belén.
3. Fotointerpretación de las imágenes de sensores remotos disponibles, incluyendo fotografías aéreas obtenidas en años previos y disponibles en el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) o en el Instituto Geográfico Nacional.
4. Elaboración de mapas preliminares de fotointerpretación y de proceso de datos publicados.
5. Trabajo de campo con colecta individualizada, para actualización y mejoramiento de los mapas preliminares realizados, y corrección, cuando fue necesario, según la información de campo obtenida para cada tema.
6. Procesado de la información técnica, con la colocación de pesos y valores, dentro del sistema de información geográfico utilizado (sobre la base de parámetros utilizados según lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE).
7. Generación de los mapas temáticos y transformación de los mapas de IFA según establece el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE.
8. Elaboración de atlas de mapas temáticos establecidos en el mecanismo.

9. Realización de una estadística de análisis de los resultados y evaluación ambiental de los mismos.
10. Elaboración del informe técnico de Índice de Fragilidad Ambiental para el área de estudio.

1.4 Base topográfica y escala de trabajo

Como base cartográfica del presente estudio se han utilizado los mapas de escala 1:25.000 de la Comisión TERRA, elaborado con base en fotos aéreas del año 1998, los datos cartográficos del Instituto Geográfico Nacional a escala 1:50,000 y las ortofotos e imágenes satelitales recientes, aportadas por la Municipalidad de Belén.

La información topográfica es procesada digitalmente e integrada en un Sistema digital de Información Geográfica (SIG). Donde la información cartográfica lo permite, y con base a las curvas de nivel a una distancia de 5 m, incluidas en la misma base topográfica, se ha calculado un Modelo Digital del Terreno (MDT) con una resolución de 10 m/pixel.

El mismo Modelo Digital del Terreno fue usado para generar un modelo tridimensional de la topografía de los alrededores del área de estudio, que resulta una herramienta muy útil para el cartografiado geológico, así como geomorfológico, igualmente como para el análisis de la temática de amenazas por deslizamientos, fallas geológicas y otra información ambiental.

En el trabajo de campo realizado se utilizó dicha escala, y cuando fue posible se redujo la misma, según la accesibilidad a la información.

Se aclara a la SETENA que la escala de trabajo de la cartografía realizada es 1:5.000, información ya indicada en Informe IFA presentado.

1.5 Organización del informe

Aparte del presente capítulo introductorio el documento que aquí se presenta, se incluyen los siguientes capítulos:

- Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) – Geoaptitud
- Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) – Edafoaptitud
- Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) – Antropoaptitud
- Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) – Bioaptitud, e
- Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) – Integrado.

Como complemento del mapa de IFA integrado, se presenta además el mapa de zonificación de fragilidad ambiental para el área de estudio, y junto con este, se incluye la Tabla de Limitantes Técnicas y las recomendaciones de uso sostenible del territorio según los criterios de fragilidad ambiental derivados en el estudio.

En el documento se incluyen todos los mapas generados durante la ejecución del estudio. Pese a que la escala en que se realizó el trabajo (1:5.000), esos mapas se presentan a una menor escala como parte de este documento por asuntos de practicidad.

Estos mapas son citados en el documento con el nombre “Figura” seguido del número de secuencia con que se presentan en el Atlas de Mapas que se presenta al final de todo el documento, incluyendo la segunda parte del mismo, que comprende el Análisis de Alcance Ambiental.

Se aclara que las figuras dentro del informe que no forman parte del Atlas de Mapas, se designan únicamente con el nombre “Figura”, seguido de su secuencia respectiva dentro del Capítulo. Las fotografías se designan de forma similar.

1.6 Alcance del Informe

El presente informe cubre el Cantón de Belén, Provincia de Heredia, Costa Rica.

Como complemento a este informe, y en cumplimiento de lo establecido en el Decreto citado, se elabora y presenta un informe técnico sobre el Análisis de Alcance Ambiental del Cantón de Belén, que debe culminar con un Reglamento de Zonificación Regional y de Desarrollo Sostenible.

1.7 Salvaguarda sobre el alcance del Dictamen Técnico

De conformidad con lo establecido por el procedimiento metodológico descrito en el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE, el presente informe técnico ambiental, se presenta a modo de DICTAMEN TÉCNICO, y representa una aproximación lo más precisa posible sobre la condición técnica y ambiental del área de estudio a la luz de la aplicación de una metodología señalada y adaptada a cada situación, incluyendo la identificación y calificación de las diversas variables conocidas y obtenidas para la zona geográfica que se cubre en el estudio.

Las conclusiones técnicas y ambientales derivadas del presente estudio técnico no sustituyen los estudios técnicos específicos que, como parte de los desarrollos de proyectos específicos, se realizan en las fincas o territorios a una mejor escala que la utilizada en esta investigación.

Sin embargo, las conclusiones derivadas tienen la utilidad práctica de orientar sobre las limitantes y potencialidades técnicas y ambientales del área de estudio, a fin de facilitar la toma de decisiones sobre la misma.

1.8 Cláusula de Responsabilidad Ambiental

Quienes suscriben el presente documento técnico, como autores del mismo, lo realizan dentro del marco de la Cláusula de Responsabilidad Ambiental establecida en el Reglamento de procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental, así como en el Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE, afirmando que la información que aquí se expone se hace mediante Declaración Jurada y en virtud de la información y conocimientos técnicos disponibles y para el alcance planteado al estudio.

1.9 Duración del estudio técnico

El estudio técnico que aquí se documenta se realizó durante un periodo efectivo de 8 meses, plazos en los cuales se ha gestionado reuniones con personeros de la Municipalidad y/o de SETENA, con el fin de coordinar y acordar aspectos específicos o recibir información de importancia a incluir o considerar en el estudio.

1.10 Consulta y divulgación de los resultados

Una vez que se culmine la realización del presente informe de evaluación ambiental estratégica, está programada la realización de un proceso de divulgación y discusión de sus resultados ante la comunidad residente en el Cantón de Belén.

Esto, con el objetivo de dar insumos para la toma de decisiones sobre el Plan Regulador del cantón.

1.11 Glosario de términos técnicos

El Glosario de términos técnicos establecido en el decreto N°32967 es el siguiente:

Antropoaptitud: condición que presenta un espacio geográfico en razón de los diferentes tipos de uso del suelo que de él hacen los seres humanos, considerando variables tales como uso urbano, uso agrícola, uso forestal y de conservación. Toma en cuenta aspectos de uso histórico cultural, relacionado con información de patrimonio cultural y científico, uso actual y tendencias de desarrollo humano con proyecciones temporales no mayores de cinco años.



Área Ambientalmente Frágil (AAF): Espacio geográfico que en función de sus condiciones de geoaptitud, de capacidad de uso del suelo, de ecosistemas que lo conforman y su particularidad socio-cultural; presenta una capacidad de carga restringida y con algunas limitantes técnicas que deberán ser consideradas para su uso en actividades humanas. También comprende áreas para las cuales, el Estado, en virtud de sus características ambientales específicas ha emitido un marco jurídico especial de protección, resguardo o administración.

Bioaptitud: condición natural que tiene un espacio geográfico desde el punto de vista biológico, en particular, considerando la naturaleza y características de la cobertura vegetal que pueda estar presente, como base biotópica de soporte de un ecosistema dado, considerando variables tales como zonación y conectividad biológica de los ecosistemas.

Edafoaptitud: comprende la condición de aptitud natural que tiene un terreno dado, respecto a las condiciones de la capa de suelo que lo recubre, tomando en cuenta aspectos tales como tipo de suelo, potencial agrícola del mismo y su capacidad de uso del suelo en función de su aptitud forestal.

Efectos Acumulativos: Se refieren a la acumulación de cambios en el sistema ambiental, partiendo de una base de referencia, tanto en el tiempo, como en el espacio; cambios que actúan de una manera interactiva y aditiva.

Equilibrio ecológico: Es la relación de interdependencia entre los elementos que conforman el ambiente que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del ser humano y demás seres vivos. El equilibrio ecológico entre las actividades del ser humano y su entorno ambiental, se alcanza cuando la presión (efectos o impactos) ejercida por el primero no supera la capacidad de carga del segundo, de forma tal que esa actividad logra insertarse de forma armónica con el ecosistema natural, sin que la existencia de uno represente un peligro para la existencia del otro.

Evaluación Ambiental Estratégica (EAE): Proceso de Evaluación de

Impacto Ambiental aplicado a políticas, planes y programas. Por su característica y naturaleza, este tipo de proceso, se puede aplicar, además, a los proyectos de trascendencia nacional, binacional, regional centroamericano, o por acuerdos multilaterales, conforme a lo establecido en este reglamento.

Evaluación de Efectos Acumulativos (EEA): Es el proceso científico-técnico de análisis y evaluación de los cambios ambientales acumulativos, originados por la suma sistemática de los efectos de actividades, obras o proyectos desarrolladas dentro de un área geográfica definida, como una cuenca o subcuenca hidrográfica.

Impacto Ambiental: Efecto que una actividad, obra o proyecto, o alguna de sus acciones y componentes tiene sobre el ambiente o sus elementos constituyentes. Puede ser de tipo positivo o negativo, directo o indirecto, acumulativo o no, reversible o irreversible, extenso o limitado, entre otras características. Se diferencia del daño ambiental, en la medida y el momento en que el impacto ambiental es evaluado en un proceso ex – ante, de forma tal que puedan considerarse aspectos de prevención, mitigación y compensación para disminuir su alcance en el ambiente.

Plan Regulador de Ordenamiento del uso del suelo: El instrumento de planificación local que define en un conjunto de planos, mapas, reglamentos, gráficos o suplementos, la política de desarrollo y los planes para distribución de la población, usos de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales y construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas.

Puede ser de tipo urbano, de uso del suelo agrícola o de la zona marítima terrestre.

Ordenamiento Ambiental del Territorio (OAT): consiste en el inventario, diagnóstico y definición de las condiciones naturales del ambiente de un espacio geográfico dado, con el fin de establecer las limitantes de uso y sus condiciones de aptitud para el desarrollo de determinadas actividades humanas. En términos prácticos el OAT significa analizar todo el conjunto de

variables que conforman un ambiente dado y definir en función de su análisis integral, una distribución o división de ese espacio geográfico en función de las aptitudes naturales del mismo y de sus limitantes al desarrollo de actividades, obras o proyectos.

Índice de Fragilidad Ambiental (IFA): se define como el balance total de carga ambiental de un espacio geográfico dado, que sumaría la condición de aptitud natural del mismo (biótica, gea y de uso potencial del suelo), la condición de carga ambiental inducida, y la capacidad de absorción de la carga ambiental adicional, vinculada a la demanda de recursos.

Geoaptitud: se refiere a la condición de estabilidad natural de los espacios geográficos, tanto desde el punto de vista de sus condiciones de subsuelo, como de los procesos geodinámicos activos que pueden alterar esa estabilidad, sobre todo en espacios geográficos geológicos relativamente jóvenes y dinámicos.

1.12 Principios generales utilizados para la aplicación del procedimiento

Según el decreto N°32967 los principios básicos de ordenamiento ambiental territorial que sustentan el procedimiento que aquí se aplica, tienen fundamento en lo establecido en el Capítulo VI de la Ley Orgánica del Ambiente sobre Ordenamiento Territorial, con especial énfasis en lo señalado en los artículos que se citan en los siguientes párrafos.

De conformidad con lo establecido en la Política de Ordenamiento Territorial establecida en el artículo 28 de la Ley Orgánica del Ambiente, la finalidad de promover el ordenamiento territorial con la integración de la variable ambiental es la de *“lograr la armonía entre el mayor bienestar de la población, el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del ambiente”*.

Con fundamento al artículo 29 de la Ley Orgánica del Ambiente que *“para el ordenamiento territorial en materia de desarrollo sostenible, se considerarán los siguientes fines”*:

- a. *Ubicar, en forma óptima, dentro del territorio nacional las actividades productivas, los asentamientos humanos, las zonas de uso público y*

recreativo, las redes de comunicación y transporte, las áreas silvestres y otras obras vitales de infraestructura, como unidades energéticas y distritos de riego y avenamiento.

- b. Servir de guía para el uso sostenible de los elementos del ambiente.*
- c. Equilibrar el desarrollo sostenible de las diferentes zonas del país.*
- d. Promover la participación activa de los habitantes y la sociedad organizada, en la elaboración y la aplicación de los planes de ordenamiento territorial y en los planes reguladores de las ciudades, para lograr el uso sostenible de los recursos naturales.*

Referente al desarrollo urbanístico, de conformidad con el artículo 31 de la Ley Orgánica del Ambiente se seguirá *“lo dispuesto en el artículo 29 anterior, se promoverá el desarrollo y el reordenamiento de las ciudades, mediante el uso intensivo del espacio urbano, con el fin de liberar y conservar recursos para otros usos o para la expansión residencial futura”*.

También forma parte del sustento técnico del procedimiento que aquí se aplica los otros principios y lineamientos técnicos establecidos en la diversas leyes sectoriales vigentes y que forman parte del marco jurídico nacional y que se refieren a la administración de temas sectoriales tales como la planificación urbana; la administración y manejo de la zona marítimo terrestre, el aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables; el uso, manejo y conservación de suelos, la protección de la biodiversidad, el manejo y protección de los recursos hídricos, la prevención de desastres y la atención de emergencias y toda la otra legislación vinculada.

1.13 Aplicación de la metodología del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE y la herramienta de flexibilización del DE 39150 y su modificación

Es importante señalar que, como base para la integración de la variable ambiental en el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón de Belén, se ha utilizado el DE 32967 vigente desde el año 2006. No obstante, en razón de que dicho decreto ejecutivo contiene algunos problemas de forma y de factores ambientales que no necesariamente aplican para el territorio en análisis, se han utilizados dos herramientas de flexibilización, una que contiene el mismo DE 32967 y otra, la del DE 39150 y su modificación.

En lo que sigue se explica la forma en que se han utilizado ambas herramientas de flexibilización.

En el **Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental** del cantón de Belén como criterio técnico para facilitar su elaboración se ha aplicado la flexibilidad metodológica que permite el criterio de experto que se señala en la introducción del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE. Bajo este criterio ha sido posible ajustar la metodología y algunas de los factores ambientales a las condiciones del cantón de Belén y a la escala con que se ha realizado el trabajo. Cabe aclarar que esto aplica para toda la documentación realizada hasta ahora para el tema de la Zonificación de Fragilidad Ambiental y el Atlas de Mapas Ambientales correspondiente.

En la Tabla 1-1 se presenta un resumen del detalle de los pasos metodológicos en que se realizó el ajuste mencionado. Se aclara que tanto en el presente Informe integrado y consolidado se hace referencia a la aplicación de esta flexibilidad metodológica correspondiente, no obstante, en la Tabla se puede visualizar más claramente la situación.

Tabla 1-1 Pasos metodológicos en que fue aplicada la flexibilidad metodológica del criterio de experto en la fase de Zonificación de Fragilidad Ambiental

No.	Paso metodológico	Producto principal	Observaciones
1	IFA Geoaptitud Litopetrofísica	Mapa IFA Geoaptitud Litopetrofísica	Se realiza corrección de la Tabla de valores de factores del DE 32967 – MINAE, particularmente en el tema de consistencia de suelo.
2	IFA Geoaptitud factor Geodinámica Externa	Mapa de IFA Geoaptitud factor Geodinámica Externa	Se realiza ajuste técnico de la Tabla de valores de factores del DE 32967 – MINAE, particularmente en los temas de erosión y sedimentación. Se ajusta la sumatoria según el criterio técnico de la metodología del DE 32967 – MINAE.
3	IFA Geoaptitud factor	Mapa de IFA Geoaptitud factor	Se realiza ajuste y aplicación de la Tabla de valores de factores del DE 32967 – MINAE, particularmente en los temas de

No.	Paso metodológico	Producto principal	Observaciones
	Geoaptitud Hidrogeológica	Geoaptitud Hidrogeológica	perfil hidrogeológico y filtración, así como la suma correspondiente.
4	IFA Geoaptitud Deslizamientos	Mapa de IFA Geoaptitud Deslizamientos	Se realiza ajuste y aplicación de la Tabla de valores de factores del DE 32967 – MINAE, particularmente en los temas de pendientes, sismicidad, cobertura, fallas, geoaptitud hidrogeológica y dirección de talud.
5.	IFA Geoaptitud Amenaza Sísmica	Mapa de IFA Geoaptitud Amenaza Sísmica	Se realiza ajuste y aplicación de la Tabla de valores de factores del DE 32967 – MINAE, y de la descripción metodológica respectiva, particularmente en los siguientes temas: Aceleración – tipo de suelo, Aceleración sísmica, fracturas en superficie, fracturas, intensidad sísmica, sismicidad (según Código Sísmico), Clase de sismicidad y sumatoria.
6.	IFA Geoaptitud Amenazas Naturales	Mapa de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales	Se realiza ajuste y adaptación de la Tabla de valores de factores del DE 32967 – MINAE, particularmente en los temas de amenaza inundación, amenaza volcánica, amenaza sísmica, amenaza por licuefacción y tsunamis, así como la suma correspondiente.
7.	IFA Geoaptitud integrado	Mapa de IFA Geoaptitud integrado	Se realiza ajuste y adaptación de la Tabla de valores de factores del DE 32967 – MINAE, particularmente en los temas de Litopetrofísica, Geodinámica Externa, Hidrogeológica, Estabilidad de laderas (deslizamientos) y Amenazas Naturales, así como la sumatoria.
8.	IFA Bioaptitud	Mapa de IFA Bioaptitud	Se realiza pequeño ajuste y corrección a la Tabla de valores de los factores para que establezca el DE 32967 – MINAE, particularmente, para humedales y la adaptación de la misma para la realidad biológica del cantón de Belén

No.	Paso metodológico	Producto principal	Observaciones
9.	IFA Antropoaptitud	Mapa de IFA Antropoaptitud	Se realiza pequeño ajuste y corrección a la Tabla de valores de los factores para lo que establece el DE 32967 – MINAE, particularmente, para usos del suelo adaptándolo a la situación del cantón de Belén
10.	IFA Paisajismo	Mapa de IFA Paisaje	Se realiza ajuste de la Tabla de valores que establece el DE 32967 para facilitar el proceso de generación del mapa y se separa el IFA Antropoaptitud para que al combinarse los valores de los factores no se supriman.
11	IFA Integrado / Subclasificación	Mapa de IFA Integrado	Se realiza ajuste al procedimiento de sumatoria de factores que establece el DE 32967 conforme a los ajustes realizados para los temas señalados en esta misma Tabla.

En lo que respecta al **Análisis de Alcance Ambiental** del Plan Regulador del Cantón de Belén, si se ha hecho uso de la herramienta de flexibilidad metodológica del inciso “c” del DE 39150 y su modificación en la totalidad del documento. En general, el mismo cumple la estructura temática y objetivos específicos que establece el DE 32967 – MINAE, no obstante, para facilitar y mejorar su contenido y adaptarlo a la situación del cantón de Belén, se ha usado en todos los componentes que incluyen los elementos de ordenamiento, simplificación de conceptos y mejora de procesado de datos con el uso de la herramienta del inciso “c” del artículo 23 del DE 39150 y su modificación.

En la Tabla 1-2 se presenta un resumen del detalle de los pasos metodológicos en que se realizó el ajuste mencionado.

Tabla 1-2 Pasos metodológicos en que fue aplicada la flexibilidad metodológica del inciso “c” del artículo 23 del DE 39150 y su modificación para el Informe de Análisis de Alcance Ambiental del cantón de Belén

No.	Paso metodológico	Producto principal	Observaciones
1	Diagnóstico de Condición Ambiental	Mapa Sobreuso Ambiental Actual	Se utiliza mapa de IFA Subclasificación conforme al producto generado según el ítem 11 de la Tabla 1 de este documento, como base, junto al mapa de uso actual del suelo, para general el Mapa de Sobreuso Ambiental actual.
2		Evaluación de efectos acumulativos	Se establecen los elementos ambientales de análisis según la condición ambiental del territorio del cantón de Belén.
3		Matriz de Leopold	Se hace pequeño ajuste a la metodología para facilitar la evaluación ambiental del cantón de Belén y para mejorar su comprensión técnica.
4	Escenario de la condición ambiental a futuro	Proyección de la situación ambiental si se mantiene las tendencias actuales de presión sobre el ambiente	Se hace pequeño ajuste a la metodología del DE 32967 – MINAE conforme a los cambios realizados para el mapa de IFA Subclasificación y el Mapa de Sobreuso ambiental actual.
5.	Identificación de elementos de desarrollo y conservación propuestos	Tabla de análisis de la propuesta de desarrollo (4 columnas)	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.
6.	Escenario de Adición de la Nueva Propuesta	Tabla de análisis de la propuesta de desarrollo	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.
7.		Fichas de impacto ambiental	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.

No.	Paso metodológico	Producto principal	Observaciones
8.		Balance general de la propuesta de desarrollo y requerimientos de recursos necesarios	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.
9.	Análisis de consistencia sobre las propuestas de desarrollo	Análisis de matriz de consistencia de la propuesta de desarrollo con las propuestas de desarrollo más regional o nacional	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.
10.	Análisis de los Alcances Ambientales Generales del Desarrollo propuesto y efectos ambientales	Análisis Ambiental	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.
11		Metodología de valoración de impactos ambientales “Manual de EIA”	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.
12	Etapa de Propuesta	Lineamientos y Acciones Estratégicas a Incorporar en el Plan Regulador / Sistema de Control y Seguimiento (Medidas ambientales generales para AOP y Plan de Gestión Ambiental o Protocolos Ambientales)	Se hace una modificación de la metodología del DE 32967 a fin de mejorar y simplificar el proceso de evaluación ambiental y visualizar mejor los resultados, manteniendo el mismo objetivo.

Por último, sobre el **Reglamento de Desarrollo Sostenible** del cantón de Belén, pese a que el DE 32967 – MINAE no establece el contenido específico del mismo, también hemos hecho uso de la herramienta de flexibilidad metodológica del inciso “c” del DE 39150 y su modificación a fin de lograr el objetivo de que sea claro y compatible en todos sus extremos con el Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental, el Atlas de Mapas Ambientales y el Análisis de Alcance Ambiental.

1.14 **Importancia ambiental de aplicar la metodología del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE como base de la introducción de la variable ambiental en el POT**

En la Figura 1-2 se muestra el campo jurídico ambiental que sustenta el DE 32967 – MINAE y que justifica la consideración del conjunto de factores ambientales que se incluyen como parte de dicha herramienta técnica.

Como se puede ver, se trata de un marco jurídico ambiental amplio que dicho decreto ejecutivo, cumple a cabalidad y de manera integral.

Marco jurídico en materia de ordenamiento territorial

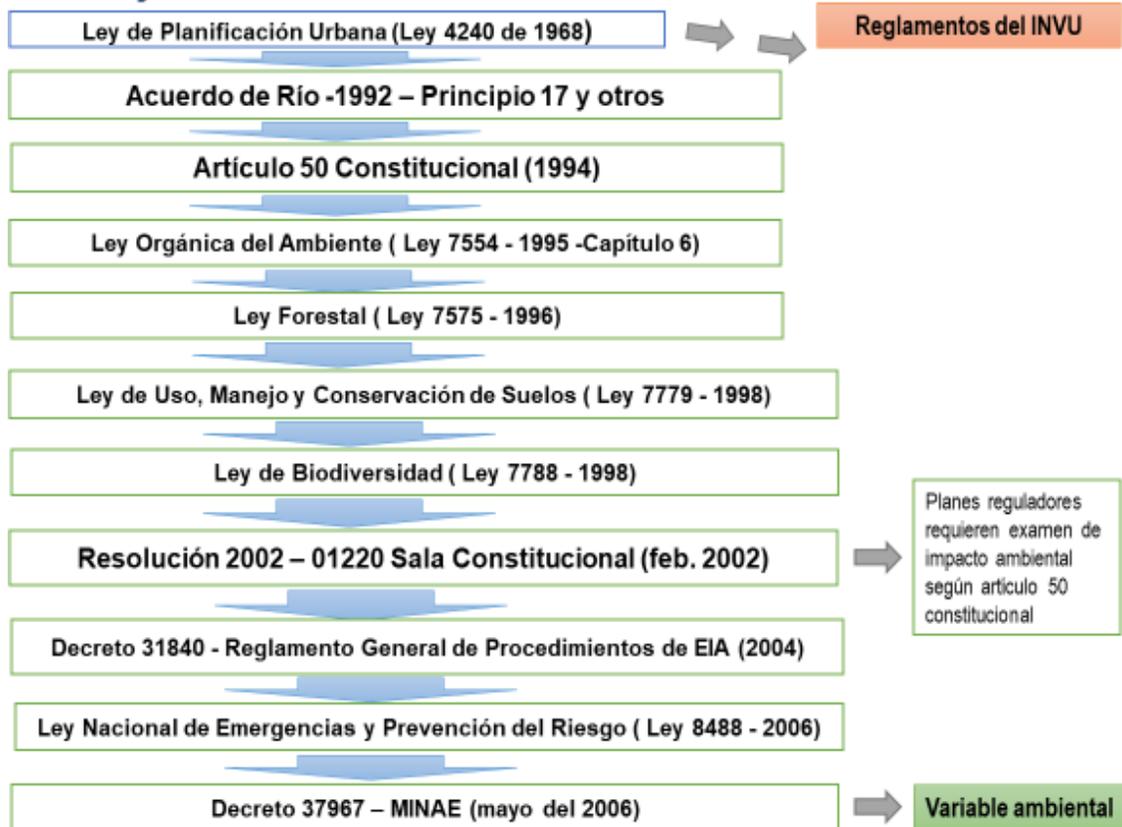


Figura 1-2 Marco jurídico (principalmente ambiental) que debe tomarse en cuenta para hacer ordenamiento territorial en Costa Rica.

Fuente: elaboración propia.

La Ley de Planificación Urbana, establece el marco jurídico básico para la elaboración de los planes reguladores o en su defecto, los planes de ordenamiento territorial (POT) establecidos por la Ley Orgánica del Ambiente. Resulta de gran importante lo que establece la Ley de Planificación Urbana, en su transitorio II, en la medida que establece que los gobiernos locales, si disponen de la información técnica suficiente, pueden generar lineamientos (ordenanzas municipales) vinculantes referente a su territorio de jurisdicción.

El presente estudio de Base Ambiental Territorial aporta esa información necesaria. Las Ordenanzas Municipales para entrar a regir, deben cumplir con el trámite de formalización que establece la misma Ley de Planificación Urbana.

El artículo 50 constitucional establece el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. El derecho a un ambiente sano, recientemente, ha sido declarado por la Corte Interamericana de Justicia, en la Opinión Consultiva No. OC – 23 – 17 del 15 de noviembre del 2017, ese derecho como “Sui Generis” en la medida de que señala que aplica tanto a los seres humanos actuales como a las generaciones futuras, pero también, señala, que es un derecho de todos los ecosistemas vivos, tanto actuales como futuros. De esta manera, el Ordenamiento Ambiental del Territorio tiene que cumplir con esa gran responsabilidad.

La metodología del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) que establece el Decreto Ejecutivo No. 32.967 MINAE, toma en cuenta de forma particular todos los lineamientos jurídicos establecidos en las diferentes leyes ambientales vigentes en el país, tales como la Ley Forestal, la Ley de Biodiversidad, la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos y la Ley Nacional de Emergencias, en particular respecto al tema de la Gestión Preventiva del Riesgo.

De esta manera, los usos del suelo que se derivan se enmarcan en el estricto respeto a la legislación ambiental vigente en el país.

1.15 Aplicación del Decreto Ejecutivo No. 39150

Se aclara que el referido decreto ejecutivo se ha aplicado en todo su alcance salvo en lo referente a la cartografía de las amenazas naturales, dado que se ha realizado la misma a una escala 1:5,000, utilizando la información de la CNE como información complementaria. Ello en razón de que esta última se dispone a una escala de menor detalle. Sobre los detalles de la aplicación de las herramientas de flexibilización de este decreto ejecutivo, se hace referencia la Tabla 1-2.

2 IFA Geoaptitud

2.1 Introducción

Uno de los ejes de análisis más importantes con respecto a una zonificación del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) de un terreno dado es el IFA Geoaptitud que analiza las características de la superficie, de la capa del suelo y del subsuelo al respecto de la aptitud para diferentes tipos de uso humano basado en los cinco factores del IFA Geoaptitud:

(1) Litopetrofísica, (2) Geodinámica Externa, (3) Hidrogeología, (4) Amenaza por Deslizamientos y (5) Otras Amenazas Naturales.

La Geoaptitud de un terreno se refiere a la condición de estabilidad natural de los espacios geográficos, tanto desde el punto de vista de sus condiciones de subsuelo, como de los procesos geodinámicos activos que pueden alterar esa estabilidad, sobre todo en espacios geográficos geológicos relativamente jóvenes y dinámicos (Decreto Ejecutivo No. 32967-MINAE).

Debido a que Costa Rica es un territorio geológicamente joven y altamente dinámico, como le consta a casi todos sus habitantes, y en razón que la condición de Geoaptitud de un terreno es clave para decidir el posible uso que podría darse al mismo, el IFA Geoaptitud, se convierte en una plataforma fundamental para el desarrollo de una cartografía ambiental que sirva de sustento al ordenamiento ambiental del territorio (ver Astorga & Campos, 2001).

Para la elaboración de los mapas de IFA – Geoaptitud, se deben generar mapas temáticos de geología, geomorfología, hidrogeología, tectónica y de amenazas naturales, que más tarde se transformen en mapas de IFA – Geoaptitud según cada uno de los factores analizados.

2.2 Geología

2.2.1 Geología Regional

Costa Rica se ubica en el margen occidental de la Placa Caribe, formando parte de la provincia tectónica denominada "Orógeno de Sur de América Central". Consiste en un arco magmático insular intraoceánico originado durante el período Cretáceo Medio/Superior (Dengo, 1985).

En este margen convergente, las placas oceánicas de Cocos y Nazca están subducidas debajo de la placa Caribe con velocidades de 5 - 9 cm/año (DeMets et al, 1990).

En la latitud de 10° Norte, donde se localiza el Valle Central y también el área de estudio, el arco volcanomagmático presenta una notable discontinuidad.

Al norte del meridiano referido, el arco es predominantemente volcánico. Está representado por la Cordillera Volcánica de Guanacaste y la Central. Al sur del Valle Central dentro de la unidad morfotectónica de la Cordillera de Talamanca, el arco no presenta volcanes activos y conforma un típico arco magmático, que ha sido levantado tectónicamente durante los últimos 10 millones de años, y en particular durante el Cuaternario (Astorga et al., 1989, 1991; Mende, 2001).

El Valle Central constituye una cuenca intra-arco de segunda generación que se formó desde el final del Terciario Inferior (Eoceno, hace 40 m.a1.) en el contexto de movimientos tectónicos transtensivos relacionados con un sistema de falla transcurrente, denominado Sistema de Falla Transcurrente de Costa Rica, que limita los bloques norte y sur de Costa Rica (Astorga et al., 1989, 1991, 1995).

¹ m.a.= millones de años.

2.2.2 Geología y Estratigrafía local

El mapa geológico del área de estudio se presenta como la **Figura 2 del Atlas de Mapas Ambientales**. Se incluye la localización de los perfiles geológicos.

Este mapa se ha elaborado casi en su totalidad del mapa geológico elaborado por la geóloga M.Sc. Ingrid Vargas de la Universidad de Costa Rica (ver Vargas, 2011) y de otras fuentes, así como trabajo de campo. El mapa de Vargas (2011) solo ha sido levemente modificado en el sector sur (área de Pedregal), referente al afloramiento de material aluvial asociado a depósitos recientes del Río Virilla (ver Figura 2 del Atlas de Mapas).

En lo que sigue, se presenta un resumen general de la condición geológica del cantón de Belén. Ello, a fin de simplificar su comprensión, así como su condición estructural.

En la Figura 2-1 se presenta el mapa geológico del cantón de Belén elaborado por Vargas (2011) y en el que se localiza el perfil geológico que se presenta en la parte inferior de la Figura.

En dicho perfil geológico se han indicado las litologías y las unidades estratigráficas principales que se muestran en el mapa geológico.

En la Figura 2-2 por su parte, se presenta la columna estratigráfica representativa del subsuelo superior del cantón de Belén, basada en los datos de Vargas (2011), Protti (2013) y datos propios del autor.

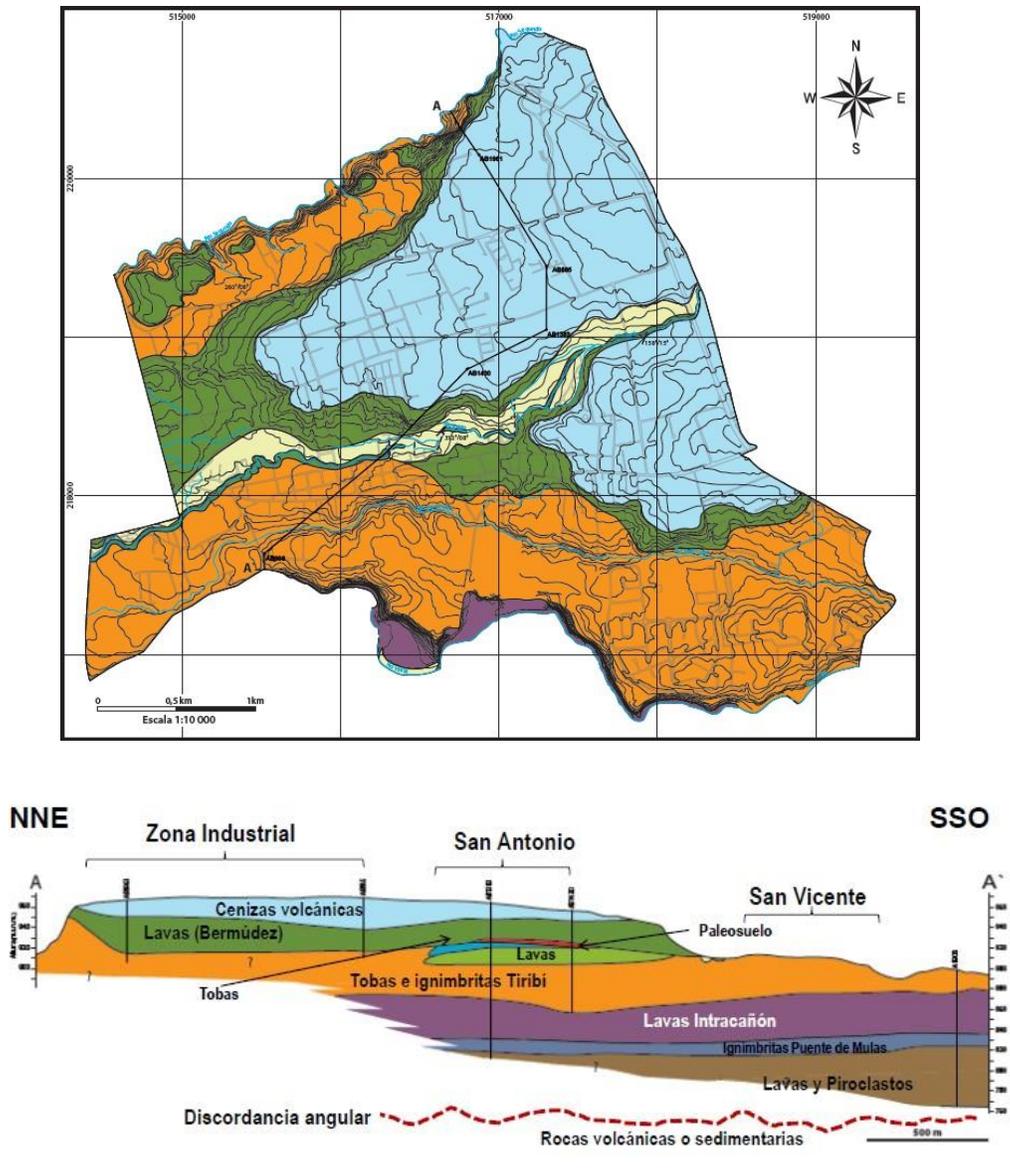


Figura 2-1 Mapa geológico de Vargas (2011) con la localización del perfil geológico A (NNE) a A' (SSO) en el que se explican los diferentes tipos de litologías y unidades estratigráficas presentes en el cantón de Belén.

Se trata de rocas de origen volcánico que representan la fase final del relleno volcánico del Valle Central.

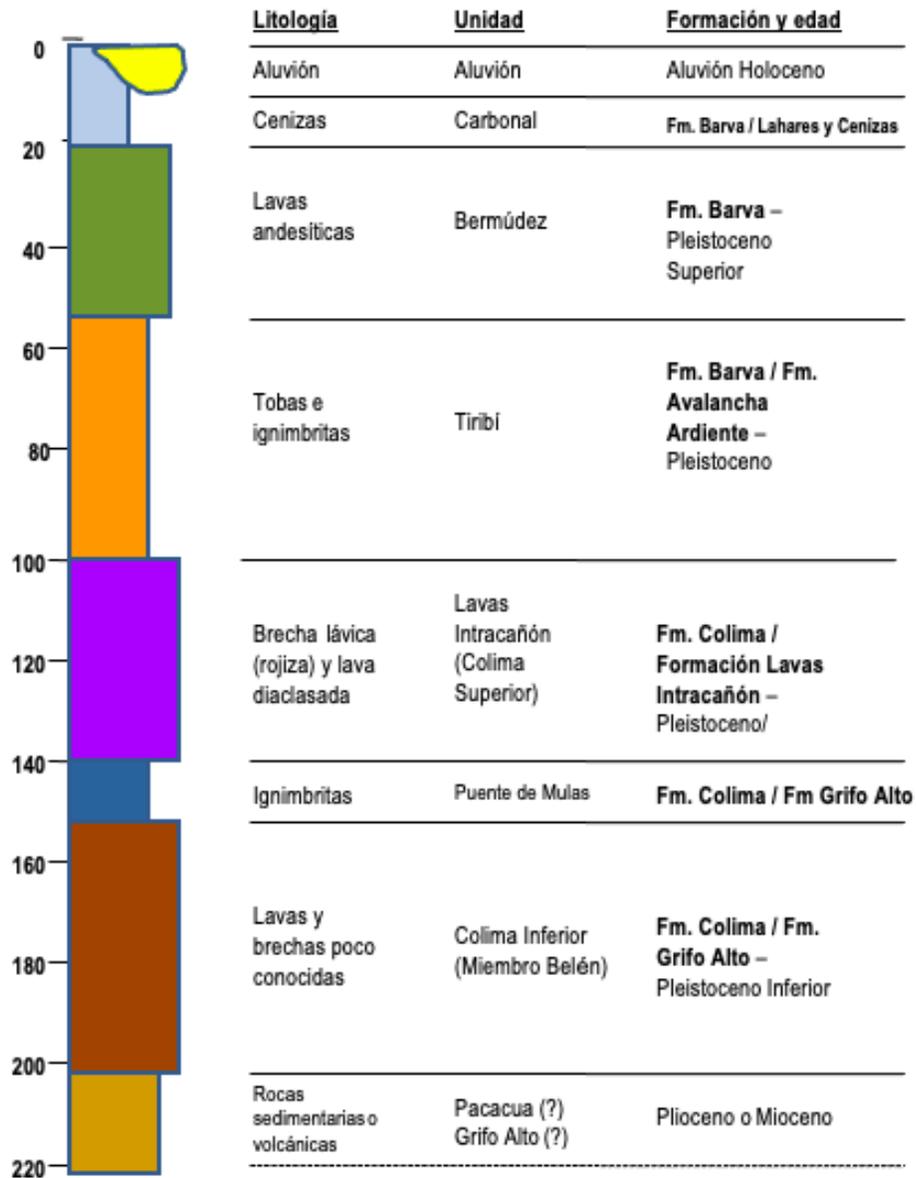


Figura 2-2 Estratigrafía del subsuelo superior del cant3n de Belén, con indicaci3n de litologías, unidades y formaciones estratigráficas, así como su posible edad.

Los colores como en la Figura 1. Basado en Vargas (2011) y Protti (2013).

Los depósitos de aluvión se interpretan como los materiales geológicos más recientes del cantón de Belén. Depositados durante los últimos 10 mil años (Holoceno). Se presentan en la parte central del cantón asociados a la Quebrada Seca y en el sector de Pedregal (ver Figura 5 del Atlas de Mapas). Están conformados por depósitos no consolidados de gravas y arenas, y en menor proporción por limos. Tienen espesores de varios metros.

Las cenizas volcánicas o también designadas como tobas cineríticas también son del Holoceno, aunque su depositación puede haberse iniciado desde el Pleistoceno Superior terminal (hace unos 50 mil años). Se originan por las erupciones piroclásticas de los volcanes de la Cordillera Volcánica Central, muy similar a la que ocurrió entre los años 1962 a 1964 en el Valle Central como producto de la erupción del Volcán Irazú. Se presentan en la parte norte este y central del cantón de Belén, bajo la Zona Industrial, la parte este de la Ribera, el sector de Arbolito y de la Asunción. Sobreyacen las lavas del Miembro Bermúdez. Tiene espesores variables, pero pueden alcanzar hasta los 20 metros (ver Figura 2). No están consolidadas, por lo que son blandas y muy susceptibles a la meteorización. Estratigráficamente algunos autores como Vargas (2011) y Protti (2013), las adscriben al Miembro Carbonal de la Formación Barva. Otros autores, como Denyer & Arias (1991) las denominan como una unidad estratigráfica separada a la que designan como "Lahares y Cenizas" (ver Figura 2 del Atlas de Mapas).

Las lavas andesíticas del Miembro Bermúdez de la Formación Barva son del Pleistoceno Superior, originada, posiblemente durante los últimos 100 mil años. Se presentan por debajo de las cenizas volcánica y solo se presentan en la parte central y norte del cantón de Belén (bajo la zona industrial, Ribera, Fuente, Arbolito, San Antonio y Asunción). Incluso afloran en el fondo del cauce de la Quebrada Seca, no obstante, no se presentan en el sector sur del cantón: San Vicente, Pedregal y Bosques de Doña Rosa (ver Figura 5 del Atlas). Su espesor promedio es de 30 metros. Se adscriben a la Formación Barva, por lo que se interpretan como producto de la actividad de dicho estratovolcán.

Son rocas duras, bien consolidadas y con buena capacidad de soporte, no obstante, presentan fracturación secundaria lo que hace que tengan un alto potencial hidrogeológico (ver adelante y Adendum 2: Foto be 10 - 4, Foto be 23 - 1).

Las tobas e ignimbritas del Miembro Tiribí de la Formación Barva, corresponden con rocas de origen piroclástico de edad Pleistoceno Superior (entre 100 mil y 200 mil años antes del presente). Aunque la mayoría de los geólogos que trabajan en hidrogeología las designan como "Miembro Tiribí", Denyer & Arias (1991) le dieron un nuevo nombre estratigráfico: Formación Avalancha Ardiente (ver Figura 2), situación que a veces provoca alguna confusión. Son rocas compactas y relativamente duras, aunque pueden presentar algún grado de fracturación. Se presentan en todo el cantón de Belén, solo que en la parte norte y central están recubiertas por las lavas del Miembro Bermúdez. Afloran en la parte sur del cantón (San Vicente, Pedregal y Bosques de Doña Rosa). Tienen un espesor promedio de 50 metros.

Las brechas lávicas y las lavas diaclasadas del Miembro Colima Superior (o Formación Lavas Intracañón) son flujos lávicos algo "más antiguos" y desarrollados de forma previa al desarrollo de los volcanes de la Cordillera Volcánica Central, es decir, más de 500 años, por lo que también se adscriben al Pleistoceno. Tienen un espesor aproximado de 40 metros y afloran en el cauce del río Virilla y en el sector de Pedregal, aunque se han identificado en numerosos pozos de extracción de aguas subterráneas de la parte oeste del Valle Central. Infrayacen las tobas e ignimbritas del Miembro Tiribí (Formación Avalancha Ardiente). Denyer & Arias (1991) les dieron un nuevo nombre estratigráfico: Formación Lavas Intracañón, lo que también produce cierta confusión, dado que la mayoría de los hidrogeólogos prefieren utilizar el término de "Colima Superior". Estas lavas y brechas presentan una importante porosidad primaria (brechas) y secundaria (fracturas) lo que le confiere una gran importancia hidrogeológica (ver adelante).

Las ignimbritas y tobas del Miembro Puente de Mulas de la Formación Colima (o parte superior de la Formación Grifo Alto de Denyer & Arias, 1991), también se interpretan como del Pleistoceno, con una edad aproximada de 1 millón de años. Se presentan por debajo de las lavas y brechas de Colima Superior. Presentan fracturación vertical y están bien consolidadas. Tiene espesores variables, con un promedio de 10 metros.

Las lavas y brechas del Miembro Colima Inferior (o Formación Grifo Alto de Denyer & Arias, 1991), se interpretan como adscritas al Pleistoceno Inferior (entre 1.5 a 2.0 millones de años antes del presente). Son lavas andesíticas fracturadas y brechas, intercaladas con tobas líticas poco permeables. Algunos autores, como Vargas (2011) las designan estratigráficamente como Miembro Belén de la Formación Colima. Son rocas duras y bien consolidadas. Tienen un espesor promedio de 25 metros y se presentan por debajo de las ignimbritas y tobas del Miembro Puente de Mulas.

Rocas volcánicas o sedimentarias se interpretan como el "basamento local" de este sector del Valle Central, incluyendo el cantón de Belén. Dado que no se presentan afloramientos conocidos se interpretan como tales debido a su presencia en algunos pozos "profundos" de extracción de aguas subterráneas o por los afloramientos rocosos que se presentan en los cerros del sur del Valle Central (ver Denyer & Arias, 1991). Se interpretan como rocas del Plioceno o del Mioceno (más de 2 millones de años antes del presente). Algunos autores las adscriben a la Formación Pacacua y otros a la Formación Grifo Alto (cf. Denyer & Arias, 1991).

2.2.3 Geología estructural

La condición de estructura geológica del subsuelo superior del cantón de Belén, se puede observar en el perfil geológico de la Figura 2-1 (ver también la **Figura 2.b del Atlas de Mapas Ambientales**).

Como se indicó en la sección previa, el "basamento local" del área lo representa la unidad de rocas volcánicas y sedimentarias que se encuentra por debajo de la unidad de lavas y piroclastos (Colima Inferior), separados posiblemente por una discordancia angular.

Por encima de dicha discordancia se presenta la sucesión de rocas volcánicas y volcanoclásticas de las formaciones Colima, Barva y de las cenizas volcánicas y aluviones que culminan la columna, que no presentan deformación estructural mayor, es decir, que no presentan basculamiento ni deformación con plegamiento o fallamiento geológico.

De esta manera puede afirmarse que la estructura geológica presente en el cantón de Belén es relativamente simple, sin que se presenten basculamientos tectónicos significativos. Es probable que por debajo de la discordancia si se presente deformación, pero no se tiene datos bajo el área del cantón como para poder ser analizados.

2.2.3.1 Fallas geológicas

PROCEDIMIENTO PARA SU IDENTIFICACIÓN

El análisis sobre la existencia o no de fallas geológicas en el área de estudio y su área de influencia, sigue un procedimiento de dos pasos.

En primer lugar, se realiza una verificación de la información técnica geológica disponible para la zona, en particular los mapas geológicos publicados previamente, por diversos autores (ver referencias) y entre ellos se destaca el mapa de Montero (1994) y más recientemente por datos del Atlas Neotectónico de Costa Rica (Denyer et al., 2003), así como de los mapas de amenazas que emite la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y la Atención de Desastres (CNE).

En segundo lugar, se analiza la información geológica y geomorfológica procesada por los autores durante el trabajo de campo y de fotointerpretación efectuada como parte del estudio de fragilidad ambiental, en particular, en el componente de Geoaptitud.

Los resultados de ambas líneas de trabajo son comparados y finalmente se deriva un mapa geológico que sintetiza dicho procesado e integración de información (ver Figura 2 del Atlas de Mapas).

Es importante señalar que debido a que algunos de los mapas generados como producto de trabajos previos, se han realizado a escala mayores a la 1:25.000, no en pocos casos, la ubicación de las fallas que en ellos se presenta, tiene un grado significativo de error e impresión, a veces del orden de cientos de metros o de más de un kilómetro.

Ante esto, y como parte del trabajo que abarca este estudio, se ha procedido a realizar el ajuste correspondiente según los datos de geología de campo y de fotointerpretación, así como del análisis del modelo digital del terreno.

Desde el punto de vista geológico regional, el Atlas Tectónico de Costa Rica (Denyer et al., 2003) indica la existencia de una serie de fallas geológicas, la mayoría de ellas calificadas como fallas del cuaternario, es decir, para las cuales existen evidencias de que han estado activas durante los últimos dos millones de años.

Los autores del atlas referido advierten que en el mismo no se hace diferencia entre las fallas activas y las cuaternarias, por lo que no debe ser utilizado para estudios de amenaza sísmica. También señalan que la escala del atlas no permite que sea utilizado para determinar la ubicación de obras civiles con respecto a las fallas presentadas.

En virtud de lo anterior, y debido a la escala en que se presenta el mapa de dicho Atlas (1:200.000) esta información se considera como de referencia a tomar en cuenta como parte de la geología más detallada realizada en este trabajo.

PROCEDIMIENTO PARA SU CLASIFICACIÓN PRÁCTICA PARA ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El procedimiento técnico establecido por el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE incluye en su Anexo 2, el denominado “Protocolo para la zonificación de uso del suelo sobre y en las cercanías de fallas geológicas activas”.

Como parte de los considerandos de ese documento, se indica:

“Costa Rica es un país geológicamente joven, caracterizado por presentar numerosas fallas geológicas a lo largo de su territorio continental y marino. Muchas de esas fallas geológicas son fuente de actividad sísmica y neotectónica, y fuentes de un tipo de amenaza geológica denominado “potencial de ruptura en superficie” que, ha significado y puede seguir representando la generación de daños significativos a obras de infraestructura y de ocupación humana que se localicen sobre o en las áreas inmediatamente adyacentes a las trazas de falla o bien zonas de deformación que pueden presentarse en el terreno”.

“No todas las fallas geológicas que pueden identificarse en un espacio geográfico dado califican como fallas geológicas activas, es decir, capaces de producir, con cierto grado de probabilidad, y según evidencias geológicas concretas, potencial de ruptura en superficie y por tanto conformarse como una amenaza natural a las obras de ocupación humana”.

Como parte del Protocolo, se definen tres conceptos que resultan claves para el trabajo de cartografiado geológico para ordenamiento territorial, que son:

Falla: Se define como una fractura o una zona de fracturas cercanamente espaciadas a lo largo de las cuales las rocas de un lado han sido sometidas a un desplazamiento respecto de las rocas del otro lado.

Falla Potencialmente Activa: Fallas que muestran evidencias de desplazamiento superficial durante el Cuaternario (últimos 1.6 millones de años), también denominada como Falla Neotectónica.

Falla activa: Falla (geológica) que ha tenido desplazamientos superficiales durante el Holoceno (últimos 11.000 años) y que tiene potencial de desplazamientos futuros a lo largo de uno o más de sus segmentos, constituyendo una amenaza potencial a estructuras localizadas sobre su traza. Los desplazamientos pueden ser observados directamente o inferidos a lo largo de la traza de falla o en parte de ella.

De acuerdo a lo anterior, las fallas cuaternarias identificadas en el Atlas Tectónico de Costa Rica, calificarían como Fallas Geológicas Potencialmente Activas. No obstante, con la salvedad indicada previamente sobre su escala.

En este aspecto, dada la complementariedad de la información y el hecho de que existe alguna información de algunos autores que presenta mayor detalle que el Atlas Tectónico de Costa Rica, la misma ha sido utilizada como una fuente de información básica de apoyo adicional para el trabajo que aquí se documenta.

El procedimiento del Protocolo antes citado indica que la tarea del equipo consultor en lo referente a las fallas geológicas, consiste en separar aquellas que son fallas pre-cuaternarias o sea fallas inactivas de las fallas potencialmente activas.

Según el procedimiento, las fallas geológicas calificadas como “potencialmente activas” deben contar con una zona de seguridad preliminar de 50 metros de ancho a ambos lados de la traza. Un estudio neotectónico posterior, que involucra la realización de estudios de paleosismicidad debe confirmar, eliminar o reducir esa zona de seguridad.

En el caso del presente estudio, dado su carácter regional no contemplaba la realización de los estudios neotectónicos para cada falla.

Esto debido a que se trata de un estudio regional y la realización de dichos estudios implica un trabajo de detalle con cada falla geológica, incluyo la realización de trincheras.

Esa labor se recomienda que se realice a nivel municipal o en su defecto, como parte de un programa subregional separado.

FALLAS IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

En el mapa geológico de la Figura 2 del Atlas, se puede observar que se presenta la parte final de dos fallas geológicas en el sector sur del cantón. Ambas fallas se califican como fallas geológicas inactivas.

En el resto del cantón no se han identificado otras fallas geológicas activas o potencialmente activas.

2.3 Aspectos de IFA Litopetrofísicos y certidumbre de los datos

La información geológica del Mapa de la Figura 2 del Atlas, fue procesada según las calificaciones de factores litopetrofísicos que establece la metodología del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE, como se observa en tabla siguiente.

Tabla 2-1 Valores de calificación para IFA Geoaptitud Litopetrofísica según el decreto ejecutivo No. 32967- MINAE

Litopetrofísica					
	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Dureza de roca	muy suave / <5,0 NM/m ²	suave / 12,5 - 5,0 NM/m ²	firme / 12,5 - 50 NM/m ²	muy firme / 50-100 NM/m ²	duro / >100 NM/m ²
Consistencia o resistencia de suelo	muy consistente / > 0,6 NM/m ²	consistente / 0,3 - 0,6 NM/m ²	firme / 0,15 - 0,3 NM/m ²	blando / 0,08 - 0,15 NM/m ²	muy blando / < 0,08 NM/m ²
Factor de lineación	muy alto	alto	moderado	bajo	muy bajo
Grado de meteorización	Completamente (suelo)	fuerte	moderado	bajo	no meteorizado (roca sana)
Espesor de la capa del suelo (m)	> 8,0	8,0 - 4,0	4,0 - 2,0	2,0 - 1,0	< 1,0
Contenido de arcilla	muy alto	alto	moderado	bajo	ausente
Porosidad / Permeabilidad aparente según criterios litopetrofísicos de campo	Muy alta, (> 50 %)	Alta (30 – 50 %)	Moderada (15 – 30 %)	Baja (5 – 15 %)	Muy Baja (< 5%)

Nota importante 1: El factor de Consistencia o resistencia del suelo, está invertido, por lo que, por lógica, se entiende que se deben invertir los valores de este factor, lo cual se realiza en esta Tabla. Esto de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: “La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.

En la Tabla 2-2 subsiguiente, por su parte, se establecen los valores de cada variable para cada unidad geoespacial identificada.

Referente al tema de las fallas geológicas que se presentan en el mapa geológico realizado a escala 1:5.000, y que difiere del mapa de la CNE (escala 1:50.000), la diferencia que se observa es que la información de los autores es 10 veces más precisa que la de la CNE.

En vez de un trazo de falla, se observan dos fallas geológicas que se presentan en el sector Pedregal al sur del cantón de Belén. Esto se ha obtenido por interpretación de imágenes satelitales y trabajo de campo.

Ambas fallas califican como fallas inactivas en la medida de que no se observan rasgos neotectónicos que las permitan calificar como Activas o Potencialmente Activas.

En la **Figura 3 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el mapa de dirección de ladeas y buzamientos stratigráficos.

Por su parte, en la **Figura 4 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de Dirección de laderas y dirección dominante de lineación.

Como resultado de ese procesado se generó el Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica que se presenta en la **Figura 5 del Atlas de Mapas Ambientales**.

Los mapas de los factores analizados, según la metodología de los IFA, son los siguientes:

- Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica – Parámetro de dureza de roca (**Figura 6 del Atlas de Mapas Ambientales**).
- Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica – Parámetro Consistencia de Suelo (**Figura 7 del Atlas de Mapas Ambientales**).
- Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica – Parámetro Lineación (**Figura 8 del Atlas de Mapas Ambientales**).
- Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica – Parámetro Grado de meteorización (**Figura 9 del Atlas de Mapas Ambientales**).
- Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica – Parámetro espesor de capa de suelo (**Figura 10 del Atlas de Mapas Ambientales**).
- Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica – Parámetro Contenido de arcilla (**Figura 11 del Atlas de Mapas Ambientales**).
- Mapa de IFA Geoaptitud Factor Litopetrofísica – Parámetro Permeabilidad aparente (**Figura 12 del Atlas de Mapas Ambientales**).

Tabla 2-2 Valor de factores de IFA Geoaptitud Litopetrofísica para las unidades geológicas

TMS	Unidad Geoespacial	dureza	Consist. suelo	lineación	meteorización	Esp. suelo	arcilla	permeabilidad	suma	Factor Litopetrofísica
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	2	3	3	3	3	2	3	19	2
195	Meseta Volcánica - Humedales	2	1	3	1	2	2	4	16	2
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	2	3	3	2	2	2	2	16	2
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	2	3	3	2	2	2	2	16	2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	4	4	3	4	4	4	2	25	3
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	3	3	3	3	3	3	2	20	3
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - barrancas	4	4	3	5	5	4	2	27	4
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	5	4	3	5	5	4	2	28	4

TMS	Unidad Geoespacial	dureza	Consist. suelo	lineación	meteorización	Esp. suelo	arcilla	permeabilidad	suma	Factor Litopetrofísica
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve Moderado	3	3	3	3	4	2	4	22	3
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	2	3	3	2	3	2	4	18	2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	4	4	3	4	5	4	4	28	4

Geoapt Litopetrofísica	
1 - Muy Alto	7 - 12
2 - Alto	13 - 19
3 - Moderado	20 - 26
4 - Bajo	27 - 32
5 - Muy Bajo	33 - 35



Esta valoración se realiza de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental.

Como se puede observar en el Mapa de la Figura 5 del Atlas, se presentan cuatro zonas de fragilidad ambiental por este tema.

La zona de muy alta fragilidad por IFA Geoaptitud Litopetrofísica solo se presenta en el sector norte del cantón, asociado al área de humedal (ver adelante).

La zona de alta fragilidad por IFA Geoaptitud Litopetrofísica representa una zona con ciertas limitaciones de desempeño geotécnico de las unidades de roca presenten en el suelo y subsuelo más superior del terreno. Esta zona coincide con las unidades de cenizas y de aluviones que no están consolidadas. Se presentan en la parte noreste y central del cantón, así como en el sector suroeste de Pedregal.

La zona de moderada fragilidad ambiental por IFA Geoaptitud Litopetrofísica, presenta un desempeño geomecánico o geotécnico intermedio y coincide con la zona de presencia de rocas más duras en el subsuelo superior (ver Figura 5 del Atlas).

La zona de baja fragilidad ambiental por IFA Geoaptitud Litopetrofísica se presenta en la parte central y oeste del cantón, así como en ciertos sectores de Pedregal. Se caracteriza por presentar una buena condición geotécnica o geo mecánico, es decir con buena capacidad soportante.

A fin de establecer un criterio semicuantitativo de la **determinación de la certidumbre** para el factor litopetrofísico, y a fin de facilitar su comprensión y revisión; se ha realizado una adaptación del sistema de calificación de certidumbre para fallas geológicas establecida en el mismo Decreto Ejecutivo No. 32967 - MINAE.

Se han utilizado los criterios de análisis para el factor litopetrofísico y se le han establecido, un mismo valor de peso (de 5 para cada uno)

A partir de ello, y considerando la información obtenida en el campo, como promedio, para las unidades geológicas que se ha trabajado para el área de estudio, se ha establecido una calificación del grado de certidumbre, tal y como se muestra en la Tabla 2-13.

Tabla 2-3 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Litopetrofísico

Valores →	Muy Alto	Alto	Moderad o	Bajo	Muy Bajo
Criterios y sus pesos ↓	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
Dureza de la roca (5)	25				
Consistencia (5)		20			
Meteorización (5)			15		
Espesor de corteza de meteorización (5)			15		
Contenido de arcilla (5)				10	
Porosidad / Permeabilidad (5)				10	
Fracturación (5)		20			
Sumatoria:		115			
Rangos de calificación:	140 – 175	105 - 140	70 – 105	35 - 70	0 - 35

Fuente: Modificado del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE.

Como puede verse, el factor de certidumbre obtenido es de tipo "Alto", lo cual resulta comprensible debido a que a lo largo del área de estudio se disponen de aceptables afloramientos geológicos y datos de pozos.

Se aclara nuevamente, que los lineamientos técnicos derivados para este tema se realizan para la escala de trabajo definida, razón por la cual, deberán complementarse con estudios técnicos más detallados para el desarrollo de diseños de proyectos más específicos.

SÍNTESIS DE LIMITANTES Y POTENCIALIDADES TÉCNICAS POR IFA GEOAPTITUD LITOPETROFÍSICA

En la Tabla 2-4 se resumen las características de las unidades geológicas identificadas y se señalan las limitantes y potencialidades técnicas de cada una de ellas, según la condición de fragilidad ambiental por el factor Geoaptitud Litopetrofísico.

La capacidad soportante o portante de un terreno es la capacidad que tiene el mismo para soportar cargas aplicadas.

A mayor capacidad de soporte, mayores cargas puede resistir sin deformación.

El hecho de que un material rocoso presente poca coherencia o consolidación, o bien fracturación o estratificación y diaclasamiento hace que el mismo presente vulnerabilidad a desprendimientos y derrumbes, en caso del desarrollo de taludes de corte, así como a procesos de erosión.

El tipo de roca o depósito geológico, según su naturaleza y composición, puede tener utilidad como fuente de materiales minerales, como agregados para la construcción o en su defecto, como sitios de interés científico, en particular por la presencia real o potencial de restos fósiles.

En general, las características geomecánicas de las diferentes unidades de rocas aportan una útil información técnica respecto al desempeño del subsuelo superior y su corteza de meteorización.

Se aclara que las limitantes y potencialidades técnicas que se dan en la Tabla 2-4 generales para la unidad de roca, razón por la cual, se recalca el hecho de que para proyectos específicos, deben ser complementados con estudios de detalle del sitio en cuestión.

En la Tabla de Limitantes técnicas del Atlas de Mapas se resume e integra esta información con las de los otros factores analizados.

Tabla 2-4 Limitantes y potencialidades técnicas – ambientales según condición de fragilidad ambiental por IFA Geoaptitud Litopetrofísica

Unidad Geoespacial	Fragilidad por litopetrofísica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	Alta	Capacidad soportante limitada. Baja resistencia a erosión. Moderada capacidad de disgregación, Mayor contenido de arcilla, Mayor capacidad de expansión Mayor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica dependiendo del tipo de arcilla presente.
Meseta Volcánica - Humedales	Alta	Capacidad soportante baja a muy baja. Muy Baja resistencia a erosión. Alta capacidad de disgregación. Mayor contenido de arcilla. Mayor capacidad de expansión. Mayor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica dependiendo del tipo de arcilla presente.
Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	Alta	Capacidad soportante baja. Baja resistencia a erosión. Alta capacidad de disgregación. Mayor contenido de arcilla. Mayor capacidad de expansión. Mayor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica. dependiendo del tipo de arcilla presente.

Unidad Geoespacial	Fragilidad por litopetrofísica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	Alta	Capacidad soportante baja. Baja resistencia a erosión. Alta capacidad de disgregación. Mayor contenido de arcilla. Mayor capacidad de expansión. Mayor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica dependiendo del tipo de arcilla presente.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	Moderada	Capacidad soportante moderada. Moderada a alta resistencia a erosión. Baja capacidad de disgregación. Menor contenido de arcilla. Baja capacidad de expansión. Mayor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Baja capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica de rocas para agregados de construcción.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	Moderada	Capacidad soportante moderada. Moderada a alta resistencia a erosión. Baja capacidad de disgregación. Menor contenido de arcilla. Baja capacidad de expansión. Mayor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Baja capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica de rocas para agregados de construcción.

Unidad Geoespacial	Fragilidad por litopetrofísica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - barrancas	Baja	Capacidad soportante moderada. Alta resistencia a erosión. Baja capacidad de disgregación. Bajo contenido de arcilla. Baja capacidad de expansión. Baja capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Baja capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica de rocas para agregados de construcción.
Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon-Barrancas	Baja	Capacidad soportante moderada. Alta resistencia a erosión. Baja capacidad de disgregación. Bajo contenido de arcilla. Baja capacidad de expansión. Baja capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Baja capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minería no metálica de rocas para agregados de construcción.
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	Moderada	Capacidad soportante moderada. Moderada resistencia a erosión. Baja capacidad de disgregación.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Baja capacidad de atenuación de contaminantes.
		Moderado contenido de arcilla. Baja a moderada capacidad de expansión. Mayor capacidad de retención de líquidos.	Posible fuente de minería no metálica de rocas para agregados de construcción.

Unidad Geoespacial	Fragilidad por litopetrofísica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	Alta	Capacidad soportante baja a moderada. Baja resistencia a erosión. Alta capacidad de disgregación. Mayor contenido de arcilla. Mayor capacidad de expansión. Mayor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minera no metálica.
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	Baja	Capacidad soportante baja a moderada. Alta resistencia a erosión. Moderada a baja capacidad de disgregación. Menor contenido de arcilla. Menor capacidad de expansión. Menor capacidad de retención de líquidos.	Capacidad de infiltración y retención de líquidos. Capacidad de atenuación de contaminantes. Posible fuente de minera no metálica

Fuente: Datos propios del autor.

2.4 IFA Geoaptitud - Factor Geodinámica Externa

2.4.1 Introducción

El factor Geodinámica Externa del IFA Geoaptitud representa la aptitud de terrenos para el uso humano en función de las características de la superficie y los procesos geodinámicos relacionados.

Un estudio detallado de geomorfología forma la base para la evaluación de este factor incluyendo la interpretación digital de fotografías aéreas, la interpretación de datos digitales topográficos como por ejemplo el modelo digital de terreno, así como trabajo de campo.

Aplicando la misma metodología que en Geología, el siguiente mapa de IFA Geoaptitud es el de la Geomorfología (ver **Figura 13 del Atlas de Mapas**).

La disposición de fotografías aéreas de alta resolución, modelo digital del terreno y verificación de campo, permite reconocer y caracterizar diversas unidades geomorfológicas en el área de estudio, e incluso, confirmar estructuras geológicas como fallas ya identificadas en el mapa geológico.

Uno de los subproductos de mayor utilidad del mapa geomorfológico es el reconocimiento e individualización de los valles de inundación inmediata de los cauces de ríos y quebradas (ver Figura 2-3).

Su reconocimiento es muy útil, porque se basa en un criterio simple, la individualización de la primera terraza de río. Con este criterio geométrico, es posible separar la zona más propensa a ser inundada durante una crecida del río o quebrada. Luego con la verificación de campo, esta zona queda comprobada.

Desafortunadamente, por lo general, es más ancha que la zona de protección que establece la Ley Forestal, por lo que es una zona en la que se otorgan permisos de construcción, con lo cual pasa a ser una zona de riesgo de inundación.

Los datos del mapa geomorfológico se combinan con las variables ya medidas para geología en el SIG.

Además, se agregan calificaciones para otras nuevas variables como son, la pendiente, que utiliza los mismos rangos de pendiente establecidos para estudios de capacidad de uso de la tierra, el relieve relativo, la densidad de drenaje, la importancia de procesos de erosión y la importancia de procesos de sedimentación.

Con todo eso es posible generar el Mapa de IFA – Geoaptitud de Geodinámica Externa que, en cinco colores, establece las zonas más frágiles porque predominan procesos de erosión o sedimentación activos, o las zonas menos frágiles, porque existe un buen equilibrio entre ambos procesos.

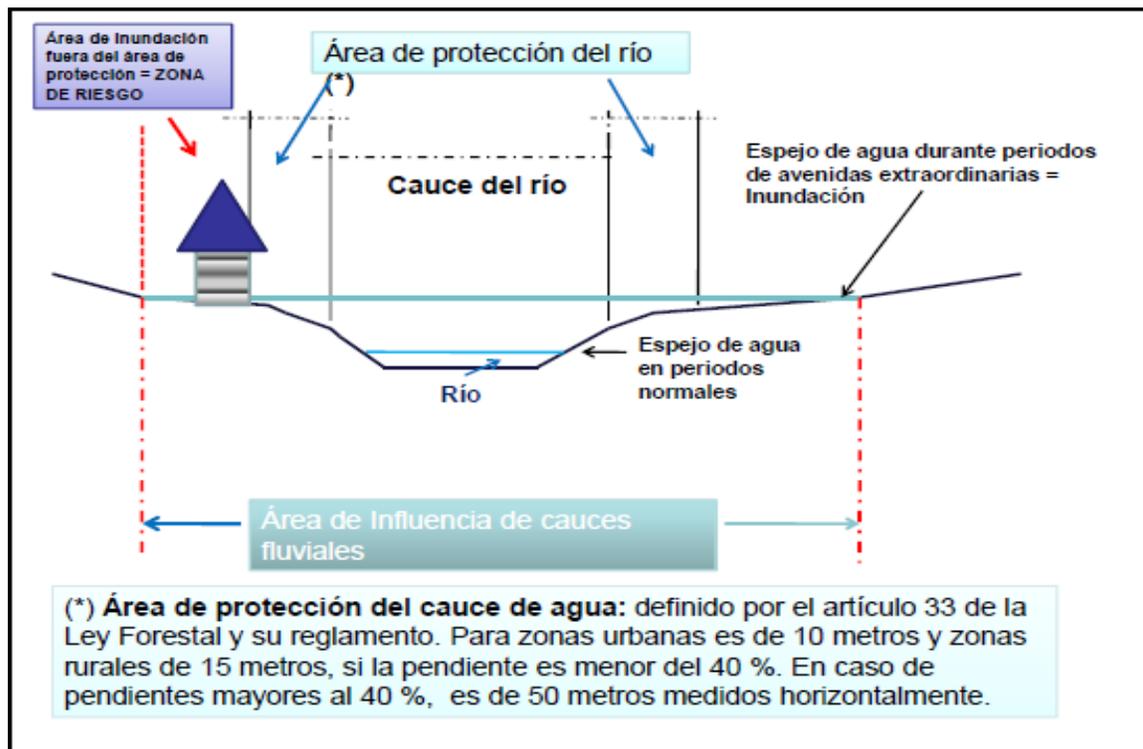


Figura 2-3 Modelo esquemático del valle de inundación inmediata de un curso de agua en función de la geometría de su primera terraza, para un terreno de relieve bajo a moderado.

2.4.2 Geomorfología Regional

Desde un punto de vista regional la región de estudio presenta varias unidades geomorfológicas regionales. A continuación, un breve resumen de sobre las mismas:

Astorga et al. (1989, 1991, 1995) define el Valle Central como una cuenca de “segunda generación”, de origen tectónico asociado a un sistema de falla geológica regional de tipo transcurrente denominado Sistema de Falla Transcurrente de Costa Rica. De acuerdo con esos autores, este sistema de falla geológico, activo desde el Terciario Superior (Eoceno Medio – Superior, hace aproximadamente 40 millones de años), separó el arco de islas de Costa Rica, en dos segmentos designados como Costa Rica Norte y Costa Rica Sur. El movimiento del sistema transcurrente de tipo transtensivo desarrolló un fenómeno de depresión tectónica de orientación predominante Este – Oeste que originó la Cuenca Sedimentaria del Valle Central.

De acuerdo con los autores citados, la cuenca sedimentaria funcionó como una zona de depresión con un canal natural que unía el mar Caribe con el Océano Pacífico. Esta cuenca sedimentaria fue rellenada paulatinamente (ver Campos, 2001) hasta que se cerró el canal natural durante el Plioceno Superior (hace cerca de 2 a 3 millones de años). A partir de ese tiempo, la cuenca fue rellenada y colmatada por productos volcánicos provenientes de los volcanes que precedieron a los actuales volcanes de la Cordillera Volcánica Central y más tarde por éstos. De esta manera, el Valle Central tomó la configuración que actualmente tiene.

Jean Pierre Bergoing (1998), uno de los autores que mayor contribución ha dado a la geomorfología de Costa Rica y del Valle Central, junto con otros colaboradores científicos, señala que el Valle Central tiene una superficie total de 3.246 Km², y se presenta como una depresión Este – Oeste que separa la cordillera Volcánica Central (al norte) de la Cordillera de Talamanca (al sur), convirtiéndose así, en el límite septentrional natural de ésta última.

El Valle Central se divide en dos vertientes distintas, separada por la pequeña cordillera volcánica – sedimentaria de los Cerros de la Carpintera de orientación noreste – suroeste. El Valle Central Oriental, donde se inscribe el Río Reventazón que drena sus aguas hacia el Caribe y el Valle Central Occidental recorrido por el Río Virilla – Tárcoles, cuyas aguas van a dar al Océano Pacífico.

De acuerdo con Bergoing (1998) el Valle Central Occidental se divide en tres unidades morfológicas principales: la *vertiente norte* compuesta por la Cordillera Volcánica Central, la *meseta volcánica* que conforma la zona de topografía plana en la que se presenta principalmente la Gran Área Metropolitana (San José, Alajuela y Heredia), y el contacto sur comprendido por la serranía de la pre-cordillera de Talamanca y los depósitos de pie de monte que se asocian al mismo.

Dentro de la unidad morfológica de la Meseta Volcánica se presenta el cantón de Belén (Bergoing, 1998).

2.4.3 Geomorfología Local

2.4.3.1 Introducción

La geomorfología del Cantón de Belén refleja un conjunto de procesos exógenos así como endógenos:

- Actividad volcánica, que dio como resultado la formación de la Cordillera Central así como la Meseta del Valle Central,
- Levantamiento general del arco magmático,
- Erosión y meteorización diferencial en función de las variaciones con respecto a la dureza de roca y la susceptibilidad a la meteorización
- Resedimentación de los productos de la erosión y meteorización por medio del transporte fluvial y flujos de gravedad

De esta forma se generó la estructura geomorfológica del Cantón de Belén, la cual está resumida en el mapa geomorfológico de la Figura 13 del Atlas de Mapas.

2.4.3.2 Unidades geomorfológicas

El Cantón de Belén forma parte de la estructura geomorfológica de la **Meseta Volcánica del Valle Central**, la cual se ha formado como consecuencia de la pronunciada actividad volcánica durante el Cuaternario. Poco a poco los productos de las erupciones explosivas, así como efusivas han cubierto las diferencias morfológicas preexistentes que resultaron en la formación de la *Meseta Volcánica*.

En el presente se extiende a una gran parte de la unidad geográfica del Valle Central. Con la finalidad de establecer una base sólida para la planificación urbana, se ha realizado una separación detallada de subunidades en función de las formaciones geológicas subyacentes, el grado de relieve, así como características geomorfológicas específicas.

La mayor parte del Cantón de Belén está conformado por cenizas recientes y subrecientes las cuales dan como resultado un relieve moderado a bajo.

Como resultado del levantamiento general del arco magmático y la fuerza erosiva fluvial, varios cauces fluviales - sobre todo los ríos principales incluyendo el Río Virilla y el Río Segundo se han cortado en forma de **Barrancas** dentro de la unidad geomorfológica de la *Meseta Volcánica de Valle Central*.

Como en el caso de la *Meseta Volcánica* se ha establecido una subclasificación detallada con las siguientes unidades:

Las Zonas Inundables representan el valle de inundación inmediata de los cuatro cauces de agua principales que atraviesan el cantón de Belén: Río Segundo, Quebrada Seca, Río Bermúdez y Río Virilla. La zona de inundación inmediata se obtiene por criterio de campo, de fotointerpretación y por datos históricos (ver más adelante) sobre el desarrollo de desbordamientos de los cauces. Esta zona por lo general coincide con la primera terraza fluvial del río y claro está, es más ancha que el cauce normal o natural del río (lecho menor). Es la zona que es afectada por la crecida del río cuando este aumenta de forma extraordinaria su caudal.

La zona de inundación o inundables, representan zonas donde se puede acelerar de forma muy significativa los procesos de erosión del cauce y del valle de inundación, de manera que representan zonas de alta a muy alta amenaza y por tanto de alto o muy alto riesgo para las construcciones que se presentan dentro de las mismas. Son zonas planas. Tienen baja densidad de drenaje y son zonas de erosión activa.

La Zona de Humedal, representa una zona particular que se presenta en el sector norte del cantón (ver Figura 13 del Atlas). Según información técnica suministrada por la Municipalidad de Belén, respecto a estudios técnicos realizados previamente para esta zona, la misma califica como un Humedal Palustrino (. Se presenta sobre la unidad geomorfológica de relieve bajo de las lavas del Miembro Bermúdez, por lo que su origen se asocia a la existencia de una pequeña depresión natural que favorece el afloramiento del nivel de aguas subterráneas del acuífero Barva. Dadas estas condiciones geomorfológicas, es una unidad donde predominará la sedimentación y dadas sus dimensiones es probable que se colmate de sedimento y desaparezca en un plazo más bien corto.

Son zonas planas. Tienen baja densidad de drenaje y son zonas de erosión activa.

Las áreas de sedimentación fluvial activa, presentan terrenos de bajo relieve que se disponen de forma adyacente a los cauces fluviales. Son áreas donde el cauce fluvial, ha labrado un valle de erosión y peneplanizado el terreno por migración de meandros y por sedimentación fluvial asociada a inundaciones. En el cantón de Belén se presentan principalmente en la Quebrada Seca, extendiéndose de este a oeste del cantón. También se presenta al sur de Pedregal en el Río Virilla. En el primer caso, tiene un ancho de varios cientos de metros y también puede ser susceptible a inundación durante crecidas extraordinarias del río. No obstante, a diferencia de las zonas inundables, donde además de la inundación predominan los procesos erosivos, en esta zona predominarán los procesos de sedimentación fluvial.

Son zonas planas. Tienen baja densidad de drenaje y son zonas de sedimentación activa.

La unidad de relieve bajo en las cenizas (sub) recientes, se caracteriza por presentar una topografía plana (o casi plana) a suavemente ondulada (con pendientes no mayores de 8 %). Conformar una típica condición de meseta, dado su baja pendiente, tal y como sucede en otras áreas de la meseta en el Valle Central. Tiene una densidad de drenaje baja (0 - 2 Km/Km²), lo cual se explica, pese al bajo

relieve, a la condición de relativamente alta capacidad de infiltración que tienen las cenizas, dado que las mismas funcionan como un Acuitardo (ver adelante). Dadas las condiciones de relieve esta unidad presenta baja a muy baja vulnerabilidad a los procesos de erosión (promedio de 8 y más bien presenta una condición alta a la sedimentación (promedio de 40: en el caso de que esta se de: como podría ser la ocurrencia de caída de ceniza volcánica, o en su defecto acumulación antrópica de materiales). Se presenta en todo el sector noreste del cantón, bajo la Zona Industrial, Arbolito, y al este de la Ribera y de Asunción (ver Figura 13 del Atlas). Esta cortada en su parte central por el valle fluvial de la Quebrada Seca.

La unidad de relieve moderado en las cenizas (sub) recientes, se caracteriza por presentar una topografía moderadamente ondulada a ondulada (menos del 15 a 30 %). Se presenta cubriendo espacios geográficos más bien pequeños, de una manera más o menos frontal a la unidad de relieve bajo de las cenizas y formando un cambio hacia la unidad de relieve moderado del Miembro Bermúdez. También presenta una densidad de drenaje baja (0 - 2 km/km²), en razón de lo explicado anteriormente sobre la capacidad de infiltración que tienen las cenizas. Dado el hecho de que las cenizas no están consolidadas, esta unidad presenta una condición de vulnerabilidad a la erosión de moderada a alta (promedio de 40), a su vez, presenta una condición de susceptibilidad a la sedimentación baja a muy baja (promedio de 8). Se presenta en el sector de la Ribera, al noroeste y noreste de San Antonio, al norte y sur de Asunción (ver Figura 13 del Atlas).

La unidad de barrancas en la Formación Avalancha Ardiente (o Miembro Tiribí), se presenta en el cañón del Río Segundo al norte del cantón de Belén (ver Figura 13 del Atlas). Se caracteriza por presentar un relieve alto de tipo escarpado hasta fuertemente escarpado (más de 60 %). Se origina, principalmente por la labor erosiva realizada por el río y debido a que las rocas son duras y resistentes a la erosión (aunque debido a su diaclasamiento y fracturación, son susceptibles a los desprendimientos de rocas). Es una zona donde predomina la erosión (condición de alta a muy alta: promedio de 50 %/km²).

Son zonas de alta pendiente. Tienen baja densidad de drenaje y son zonas de erosión activa.

La unidad de relieve bajo en la Formación Avalancha Ardiente (o Miembro Tiribí), se caracteriza por presentar pendientes planas o casi planas hasta ligeramente onduladas (de 0 a 8 %). Al igual que la unidad homónima que se presenta en las cenizas volcánicas, presenta una muy baja densidad de drenaje (0 - 2 Km/Km²), debido en este caso, a que esta unidad geológica, en razón de la presencia de fracturas verticales, facilita la infiltración del agua y su percolación hacia las rocas infrayacentes. Dadas las condiciones de relieve señaladas, es un unidad donde predomina la sedimentación (categoría moderada: promedio de 30 %/Km²) con una condición de susceptibilidad a la erosión más bien baja a muy baja (promedio de 7 %/km²). Se presenta en el sector sur del cantón al sur de San Antonio y Asunción, particularmente al oeste y este de San Vicente y en el sector de Bosques de Doña Rosa (ver Figura 13 del Atlas).

La unidad de relieve moderado en la Formación Avalancha Ardiente (o Miembro Tiribí), se caracteriza por presentar una topografía moderadamente ondulada a ondulada (menos del 15 a 30 %). Se presenta en el sector sur del cantón asociado a los cauces fluviales del Río Bermúdez y del Río Virilla (ver Figura 13 del Atlas). Presenta una densidad de drenaje baja (0 - 2 km/km²), en razón de lo explicado anteriormente sobre la capacidad de infiltración que tienen las tobas e ignimbritas de esta unidad. Dadas las condiciones de dureza que tienen estas rocas, esta unidad presenta una condición de vulnerabilidad a la erosión de baja a muy baja (promedio de 8 %/km²), a su vez, presenta una condición de susceptibilidad a la sedimentación moderada a alta (promedio de 35 a 40 %/km²).

La unidad de barrancas en la Formación Lavas Intracañón (o Formación Colima), se presenta en el cañón del Río Virilla al sur del cantón de Belén (ver Figura 13 del Atlas). Se caracteriza por presentar un relieve alto de tipo escarpado hasta

fuertemente escarpado (más de 60 %). Se origina, principalmente por la labor erosiva realizada por el río y debido a que las rocas son duras y resistentes a la erosión (aunque debido a su diaclasamiento y fracturación, presentan algún grado de susceptibilidad a los desprendimientos de rocas). Es una zona donde predomina la erosión (condición de alta a muy alta: promedio de 50 %/km²) y la sedimentación es muy baja (promedio de 3 %/km²). Como parte de esta zona se presenta el sector del Tajo Pedregal, donde por labores de extracción minera, el talud natural previamente existente se hizo retroceder hasta adquirir la condición actual. En su lugar se desarrolló una especie de terraza "artificial" donde se encuentran y operan en la actividad, diversas actividades industriales de la empresa Pedregal.

La unidad de barrancas en el Miembro Bermúdez, se presenta en el cañón del Río Segundo al noroeste de la zona industrial y asociado al cauce de la Quebrada Seca (ver Figura 13 del Atlas). Se caracteriza por presentar un relieve alto de tipo escarpado hasta fuertemente escarpado (más de 60 %). Se origina, principalmente por la labor erosiva realizada por el río y debido a que las rocas son duras y resistentes a la erosión. Es una zona donde predomina la erosión (condición de alta a muy alta: promedio de 50 %/km²) y la sedimentación es muy baja (promedio de 3 %/km²). En el caso de escarpe asociado a la Quebrada Seca, presenta una altura más bien baja (de algunos metros), lo que hace que su presencia no disminuya la susceptibilidad que tiene ese sector al desarrollo de inundaciones fluviales.

La unidad de relieve bajo en el Miembro Bermúdez, se caracteriza por presentar pendientes planas o casi planas hasta ligeramente onduladas (de 0 a 8 %). Al igual que las otras unidades de relieve bajo antes descritas, presenta una muy baja densidad de drenaje (0 - 2 Km/Km²), debido también a la presencia de e fracturas verticales en las rocas lo que facilita la infiltración del agua y su acumulación en la forma de un acuífero (ver más adelante).

Dadas las condiciones de relieve señaladas, es una unidad donde predomina la sedimentación (categoría moderada: promedio de 30 %/Km²) con una condición de susceptibilidad a la erosión más bien baja a muy baja (promedio de 7 %/km²). Se presenta en el sector noroeste del cantón, particularmente al oeste de la Ribera y al noroeste de San Antonio (ver Figura 13 del Atlas).

La unidad de relieve moderado en el Miembro Bermúdez se caracteriza por presentar una topografía moderadamente ondulada a ondulada (entre el 15 a 30 %). Se presenta en formando una especie de franja (a modo de terraza) que se extiende desde la zona industrial en sentido suroeste hacia la Ribera y formando un arco hacia San Antonio, donde es irrumpida por el cauce de la Quebrada Seca y su valle fluvial, para luego continuar hacia el sector de la Asunción y la parte norte del sector de Bosques de Doña Rosa (ver Figura 13 del Atlas).

Presenta una densidad de drenaje baja (0 - 2 km/km²), en razón de lo explicado anteriormente sobre la capacidad de infiltración que tienen estas rocas.

Dadas las condiciones de dureza que tienen las mismas, esta unidad presenta una condición de vulnerabilidad a la erosión de moderada (promedio de 20 %/km²), a su vez, presenta una condición de susceptibilidad a la sedimentación baja (promedio de 8 %/km²).

Debido a que esta unidad representa, junto con la unidad de relieve moderado en las cenizas un cambio morfológico entre la zona de meseta y el área topográficamente más baja del cantón, y dado el hecho de que dentro del Miembro Bermúdez se alberga un acuífero, es común encontrar dentro de esta unidad geomorfológica la presencia de salidas de agua en forma de manantiales.

2.4.3.3 Mapas de factores de IFA Geoptitud Geodinámica Externa

Por su parte, en la Tabla 2-5, se presentan las variables utilizadas según la metodología del Anexo 1 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE.

Tabla 2-5 Valores de calificación para IFA Geoptitud Geodinámica Externa según el decreto ejecutivo No.32967 – MINAE

IFA Geodinámica Externa					
	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Pendiente (%)	> 60	30 - 60	15 - 30	8 - 15	0 - 8
Relieve relativo	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Densidad de drenaje (km/km ²)	> 14	10 – 14	6 - 10	2 - 6	0 - 2
Importancia de procesos de erosión (%/Km ²)	Muy alto (> 50)	Alto (30 – 50)	Moderado (10 – 30)	Bajo (5 – 10)	Muy Bajo (0 – 5)
Importancia de procesos de sedimentación (%/Km ²)	Muy alto (> 50)	Alto (30 – 50)	Moderado (10 – 30)	Bajo (5 – 10)	Muy Bajo (0 – 5)

Fuente: Decreto ejecutivo No. 32967 – MINAE

Nota: se hace corrección de forma en el factor de Densidad de Drenaje dado que se presentaba en orden invertido.

En la **Figura 14 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Modelo Digital de Terreno – Relieve.

En la **Figura 15 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Modelo Digital de Terreno – Relieve, con tonos de colores, por altura.

En la **Figura 16 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoptitud Factor Geodinámica Externa, Parámetro Importancia de Procesos de Sedimentación. En la **Figura 17 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoptitud Factor Geodinámica Externa, Parámetro Pendiente.

En la **Figura 18 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud Factor Geodinámica Externa, Parámetro Relieve Relativo.

En la **Figura 19 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud Factor Geodinámica Externa, Parámetro Importancia de Procesos de Erosión.

En la **Figura 20 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud Factor Geodinámica Externa, Parámetro Densidad de Drenaje.

Sobre este tema es importante aclarar que para la generación del mapa señalado se ha aplicado la inversión de factores indicada en la Tabla 2-5 debido a que en el Anexo 1 del DE 32967 – MINAE trae ese error de forma.

El razonamiento técnico y lógico de este cambio es el siguiente: la densidad de drenaje corresponde con la existencia de mayor cantidad de cauces por unidad de área. Así, a menor densidad de drenaje, menor cantidad de cauces y, por tanto, durante periodos de lluvias intensas en el área de estudio la posibilidad de área inundable asociada a los cauces es menor, de allí que se califique como de fragilidad ambiental (por Geodinámica Externa) baja. De manera que si la densidad de drenaje es alta (muchos cauces) el área expuesta a inundación fluvial (por unidad de área) sería mayor, de allí que la fragilidad ambiental por este factor se calificaría como alta.

El tema de susceptibilidad a erosión (o denudación) se analiza por separado como un factor del IFA Geoaptitud por Geodinámica Externa, de allí que no debe confundirse la existencia de una alta densidad de drenaje con el tema de la denudación o la erosión fluvial. En el caso del cantón de Belén se observa claramente un ejemplo de esto: se trata del cañón del río Virilla que presenta una muy alta denudación (altas pendientes en las paredes del valle fluvial) con una densidad de drenaje baja (longitud del cauce respecto al área total del valle fluvial). En la siguiente Tabla 2-6 se presentan los valores de las variables geomorfológicas para todas las unidades identificadas. Ello para el Mapa de IFA Geoaptitud por Geodinámica Externa. Se incluyen allí los datos de relieve para las unidades solicitadas por la SETENA.

Tabla 2-6 Valores de variables geomorfológicas para el desarrollo del Mapa de IFA Geopotencial factor Geodinámica Externa

TMS	Unidad Geomorfológica	Zona inundable	pendiente	relieve	drenaje	erosión	sedimentación	suma	IFA Geopotencial - Geodinámica Externa
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	Ausente	4	4	3	4	3	18	3
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	Presente	4	4	3	2	2	15	2
195	Meseta Volcánica - Humedales	Ausente	4	4	2	4	2	16	3
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes -relieve moderado	Ausente	2	2	2	2	4	12	2
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes -relieve bajo	Ausente	4	4	2	4	3	17	3
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes -relieve bajo	Presente	4	4	2	2	2	14	2

TMS	Unidad Geomorfológica	Zona inundable	pendiente	relieve	drenaje	erosión	sedimentación	suma	IFA Geopotitud - Geodinámica Externa
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	Ausente	2	2	2	2	4	12	2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez -relieve moderado	Presente	2	2	2	2	2	10	2
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez -relieve bajo	Ausente	3	3	2	3	3	14	3
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez -barrancas	Ausente	1	1	2	1	4	9	1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - barrancas	Presente	1	1	4	1	1	8	1
2804	Meseta Volcánica -Formación Lavas Intracañón- Barrancas	Ausente	1	1	4	1	1	8	1

TMS	Unidad Geomorfológica	Zona inundable	pendiente	relieve	drenaje	erosión	sedimentación	suma	IFA Geoptitud - Geodinámica Externa
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañón-Barrancas	Presente	1	1	4	1	1	8	1
2902	Meseta Volcánica - Formación AvalanchaArdiente - relieve moderado	Ausente	2	2	2	2	4	12	2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	Presente	2	2	2	2	2	10	2
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	Ausente	4	4	2	4	3	17	3
2903	Meseta Volcánica - Formación AvalanchaArdiente - relieve bajo	Presente	4	4	2	2	2	14	2

TMS	Unidad Geomorfológica	Zona inundable	pendiente	relieve	drenaje	erosión	sedimentación	suma	IFA Geopotitud - Geodinámica Externa
2904	Meseta Volcánica - Formación AvalanchaArdiente - Barrancas	Ausente	1	1	4	1	1	8	1
2904	Meseta Volcánica - Formación AvalanchaArdiente - Barrancas	Presente	1	1	4	1	1	8	1

Geoapt Geodinámica Externa

muy alto	5 - 8
alto	9 - 13
moderado	14 - 18
bajo	19 - 23
muy bajo	24 - 25

Esta valoración se realiza de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental.

2.4.4 IFA Geodinámica externa y certidumbre de los datos

2.4.4.1 Introducción

El Factor de Geoaptitud Geodinámica Externa representa la aptitud de terrenos para el uso humano en función de las características de la superficie y los procesos geodinámicos relacionados.

Como fue mencionado en la sección 2.4 la metodología de Geoaptitud de Terrenos está basada en una categorización de 5 niveles I-V con un creciente valor para el uso humano.

En el Atlas de Mapas de IFA se presenta el conjunto de mapas del Factor Geodinámica Externa para todos los diferentes sectores en que se dividió el área de estudio. La calificación de los factores se ha realizado con criterio de experto, según el DE 32967 – MINAE y la aplicación del DE 39150.

2.4.4.2 Síntesis de limitantes y potencialidades técnicas por IFA Geoaptitud Geodinámica Externa

En la Tabla 2-7 se resumen las características de las unidades geomorfológicas identificadas y se señalan las limitantes y potencialidades técnicas de cada una de ellas, según la condición de fragilidad ambiental por el factor Geoaptitud Geodinámica Externa.

Tabla 2-7 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Geodinámica Externa

Unidad Geomorfológica	IFA Geoaptitud - Geodinámica Externa	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	Moderada	Condición moderada de geodinámica externa. Equilibrio balanceado entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad a procesos de inundación.	Posibilidad de desarrollo de actividades humanas siempre que se considere el potencial de inundación fluvial.
Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	Alta	Condición alta de geodinámica externa. Desequilibrio alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad alta y a procesos de inundación.	Posibilidad de desarrollo de actividades humanas siempre que se considere el potencial alto de inundación fluvial.
Meseta Volcánica - Humedales	Moderada	Condición moderada de geodinámica externa. Equilibrio balanceado entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad a procesos de inundación y estancamiento de aguas.	Posibilidad limitada de desarrollo de actividades humanas siempre que se considere el potencial de inundación fluvial y estancamiento de aguas

Unidad Geomorfológica	IFA Geoptitud - Geodinámica Externa	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Cenizas (sub) recientes - relieve moderado	Alta	Condición alta de geodinámica externa. Desequilibrio alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a alta a procesos de erosión	Posibilidad de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola.
Meseta Volcánica - Cenizas (sub) recientes - relieve bajo	Moderada	Condición moderada de geodinámica externa. Equilibrio entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a procesos de erosión.	Posibilidad alta de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando medidas de control de limitantes.
Meseta Volcánica - Cenizas (sub) recientes - relieve bajo	Alta	Condición alta de geodinámica externa. Desequilibrio alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a alta a procesos de sedimentación.	Posibilidad de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando medidas de control de limitantes.

Unidad Geomorfológica	IFA Geoptitud - Geodinámica Externa	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez -relieve moderado	Alta	Condición alta de geodinámica externa. Desequilibrio alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a alta a procesos de erosión. Susceptibilidad a inundación.	Posibilidad de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando medidas de control de limitantes.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez -relieve bajo	Moderada	Condición moderada de geodinámica externa. Desequilibrio entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a procesos de erosión.	Posibilidad alta de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando pocas medidas de control de limitantes.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - barrancas	Muy Alta	Condición de muy alta de geodinámica externa. Desequilibrio muy alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad muy alta a procesos de erosión.	Potencial para el desarrollo de actividades conservación como el desarrollo de bosques y corredores biológicos.

Unidad Geomorfológica	IFA Geoptitud - Geodinámica Externa	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	Muy Alta	Condición de muy alta de geodinámica externa. Desequilibrio muy alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad muy alta a procesos de erosión.	Potencial para el desarrollo de actividades conservación como el desarrollo de bosques y corredores biológicos.
Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañón- Barrancas	Muy Alta	Condición de muy alta de geodinámica externa. Desequilibrio muy alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad muy alta a procesos de erosión.	Potencial para el desarrollo de actividades conservación como el desarrollo de bosques y corredores biológicos.
Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañón- Barrancas	Muy Alta	Condición de muy alta de geodinámica externa. Desequilibrio muy alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad muy alta a procesos de erosión.	Potencial para el desarrollo de actividades conservación como el desarrollo de bosques y corredores biológicos.
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	Alta	Condición alta de geodinámica externa. Desequilibrio entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a procesos de erosión.	Posibilidad moderada de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando pocas medidas de control de limitantes.

Unidad Geomorfológica	IFA Geoptitud - Geodinámica Externa	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	Alta	Condición alta de geodinámica externa. Desequilibrio entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a procesos de erosión.	Posibilidad moderada de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando pocas medidas de control de limitantes.
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	Moderada	Condición moderada de geodinámica externa. Desequilibrio entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a procesos de erosión.	Posibilidad moderada de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando pocas medidas de control de limitantes.
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	Alta	Condición alta de geodinámica externa. Desequilibrio entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad moderada a procesos de erosión.	Posibilidad moderada de desarrollo de actividades humanas, de tipo urbano o agrícola, considerando pocas medidas de control de limitantes.
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	Muy Alta	Condición de muy alta de geodinámica externa. Desequilibrio muy alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad muy alta a procesos de erosión.	Potencial para el desarrollo de actividades conservación como el desarrollo de bosques y corredores biológicos.

Unidad Geomorfológica	IFA Geoptitud - Geodinámica Externa	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	Muy Alta	Condición de muy alta de geodinámica externa. Desequilibrio muy alto entre procesos de erosión y sedimentación. Susceptibilidad muy alta a procesos de erosión.	Potencial para el desarrollo de actividades conservación como el desarrollo de bosques y corredores biológicos.

Fuente: datos propios del autor.

2.4.4.3 Mapa de IFA Geoaptitud Geodinámica Externa

En la **Figura 21 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud por el Factor Geodinámica Externa. Este mapa representa una síntesis de las variables descritas previamente y procesadas en el SIG según la metodología establecida por el Decreto Ejecutivo No. 32967 - MINAE.

Como se puede observar en el mapa de la Figura 21 del Atlas de Mapas, se presentan 3 zonas de fragilidad ambiental por IFA Geodinámica Externa.

La Zona de Muy Alta Fragilidad se presenta asociada a las zonas de muy alta pendiente y donde predominan los procesos de erosión, sobre los procesos de sedimentación. También se asocia a las áreas de muy alta susceptibilidad a los procesos de inundación fluvial. Se presenta asociado a los cauces de los ríos Segundo, Quebrada Seca y Bermúdez y Pedregal. En este último caso, la terraza artificial abierta por el tajo, se incluye como parte de esta zona en consideración de la vulnerabilidad que presenta a la posibilidad de que se dé una inundación fluvial.

La Zona de Alta Fragilidad, corresponde con las zonas de relieve moderado del cantón y coincide con las zonas de presencia de las rocas del Miembro Bermúdez y de la unidad de cenizas. Son áreas donde todavía predominan los procesos de erosión sobre los procesos de sedimentación.

La Zona de Moderada Fragilidad, se presenta en diversos sectores del cantón de Belén, asociado a las áreas de menor relieve, incluyendo las áreas planas o de meseta. Son áreas donde predominan los procesos de sedimentación por sobre los procesos de erosión.

2.4.4.4 Calificación de certidumbre

Aplicando la metodología de cálculo de certidumbre explicada en la Sección 2.2 que representa una adaptación de la metodología establecida en el Decreto Ejecutivo No. 32967 - MINAE, se ha realizado una calificación de la calidad de información que se obtuvo para los diferentes criterios geomorfológicos utilizados.

Debido a que los criterios de pendiente y relieve relativo se obtienen a partir del sistema de información geográfico, con mapas a escala detallada, se tiene un valor de certidumbre muy alto. Por su parte, la densidad de drenaje se califica con una certidumbre moderada, mientras que la importancia de procesos de sedimentación y erosión, se califica con un grado de certidumbre moderado.

Pese a ello, la certidumbre general es de tipo Alto (ver Tabla 2-8).

Tabla 2-8 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geodinámica Externa

Valores →	Muy Alto (5)	Alto (4)	Moderado (3)	Bajo (2)	Muy Bajo (1)
Criterios y sus pesos ↓					
Pendiente (5)	25				
Relieve relativo (5)		20			
Densidad de drenaje (5)			15		
Importancia de procesos de erosión (5)				10	
Importancia de procesos de sedimentación (5)			15		
Sumatoria:		85			
Rangos de calificación:	100 – 125	75 - 100	50 – 75	25 - 50	0 - 25

Fuente: Modificado del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE.

Se aclara que los lineamientos técnicos derivados para este tema, se realizan para la escala de trabajo definida, razón por la cual, deberán complementarse con estudios técnicos más detallados para el desarrollo de diseños de proyectos más específicos.

2.5 IFA Geoaptitud - Factor Hidrogeología

2.5.1 Introducción

El análisis de la hidrogeología del área de estudio está basado en la interpretación de los datos geológicos y geomorfológicos al respecto del potencial hidrogeológico.

Otra fuente importante es la base de datos de SENARA que comprende información sobre la ubicación y el caudal de pozos y nacientes, los perfiles geológicos de pozos, así como el nivel estático/dinámico de pozos.

La hidrogeología Cantón de Belén está representada en la **Figura 22 del Atlas de Mapas**. Se incluyen los datos de pozos, nacientes y concesiones de agua actualizados.

Una vez elaborados los mapas de geología y geomorfología, y considerando información técnica adicional, es posible generar nuevos mapas técnicos de gran utilidad. Uno de ellos es el mapa hidrogeológico.

El mapa de elementos hidrogeológicos, representa una interpretación sobre el comportamiento hidrogeológico de las unidades de roca identificadas en los mapas geológico y geomorfológico. Ese comportamiento se refiere a la capacidad que tiene una unidad de roca dada para infiltrar el agua de lluvia, almacenarla y transmitirla, es decir, la capacidad para formar un acuífero.

El lector recordará que parte de los datos o atributos que se obtenían de las formaciones geológicas era su porosidad y permeabilidad, ya sea por las características petrográficas o bien por la presencia de fracturas. Este dato resulta útil para colegir su potencial hidrogeológico. Potencial que se verifica cuando se investigan los pozos de extracción de aguas subterráneas que hay en la zona de estudio, así como la presencia de nacientes o manantiales. Con todo esto, es posible sacar conclusiones sobre si una formación que aparece en el subsuelo superior tiene capacidad acuífera y si lo tiene, como es: alto, moderado o bajo; o bien si, definitivamente no tiene potencial acuífero alguno.

Con las conclusiones que se obtienen de todo este análisis, es posible

generar el mapa hidrogeológico, el cual, al igual que en los casos anteriores, se transforma en el Mapa de IFA – Geoaptitud Hidrogeológico.

Este mapa, separa en 5 colores, la fragilidad ambiental desde el punto de vista hidrogeológico. Cuando la fragilidad es muy alta, tiene un doble significado, por un lado, que hay presencia de un acuífero de potencial significativo muy cerca de la superficie. Esto es una buena noticia, dado que existe agua subterránea capaz de ser utilizada para diversas actividades humanas.

No obstante, el hecho de que esté tan cerca de la superficie significa que el acuífero es vulnerable a la contaminación, de allí la calificación de muy alta fragilidad ambiental.

En este caso, el color rojo de esa condición no significa que se deben prohibir el desarrollo de actividades humanas, sino que esa limitante técnica debe ser considerada a la hora de planificar y diseñar ese tipo de actividades humanas.

Claro está que existen actividades humanas, que no son aptas para este tipo de fragilidad o vulnerabilidad acuífera, como por ejemplo actividades que utilizan o manejan sustancias químicas muy contaminantes, como hidrocarburos o plaguicidas.

Por el contrario, un IFA hidrogeológico muy bajo, representaría una condición de baja a muy baja vulnerabilidad, debido a que no hay potencial o en su defecto que puede haber, pero en un acuífero confinado, o sea, protegido.

2.5.2 Aspectos hidrogeológicos regionales a considerar

La zona de Valle Central en la que se localiza el territorio del cantón de Belén es, posiblemente, el espacio geográfico con mayor cantidad de estudios hidrogeológicos que existe en el país (Echandi, 1981; BGS – SENARA, 1985; Protti, 1986; Arredondo & Suárez, 1993; Reynolds (Ed., 1996), Losilla et al., 2001; Schosinsky & Vargas, 2001; Ramírez & Alfaro, 2002; Reynolds (Ed., 2002); Vargas (Ed., 2002); Astorga et al., 2004; Vargas, 2009; SENARA, 2016, entre otros muchos).

Este hecho no es casual, pues en el subsuelo de prácticamente toda la ladera

sur de los estratovolcanes de Poás, Barva e Irazú se presenta un importante potencial hidrogeológico, compuesto por una serie de acuíferos sobrepuestos, caracterizados, algunos de ellos (los de tipo regional) por un alto potencial de producción (en pozos y manantiales) y una muy buena calidad de agua.

Los acuíferos presentes en esta zona son de tipo volcánico, dado que las rocas en las que se albergan corresponden con diferentes tipos de lavas, ignimbritas o piroclastitas de permeabilidades moderadas hasta muy altas. Debido a que se trata de rocas volcánicas de edades relativamente recientes (menos de dos millones de años), el modelo hidrogeológico que explica el funcionamiento acuífero de la zona es relativamente sencillo.

Las capas y en general, los paquetes de rocas volcánicas no presentan deformaciones tectónicas, de manera que su distribución corresponde bastante bien con la distribución topográfica, es decir, que presentan gradientes hidrogeológicos similares a los de la topografía.

Las áreas de recarga principales se localizan en las partes altas, en las laderas de los volcanes, en donde, de forma circunstancialmente positiva, también se dan mayores precipitaciones lluviosas. Dada la naturaleza de las formaciones geológicas de la parte que se presentan en la parte más superior del subsuelo, esas áreas de recarga también se presentan dentro del territorio del cantón de Belén.

Las partes bajas del Valle Central y en particular en las cercanías del cañón del Río Virilla, que representa una barrera hidrogeológica para los acuíferos más superficiales, representan las áreas de descarga acuífera, lo cual explica la presencia común de manantiales y además, de pozos de extracción de aguas subterráneas.

En consideración de la perspectiva regional del norte del Valle Central, el territorio del cantón de Belén se localiza en la parte baja de la cuenca hidrogeológica que presenta por lo menos tres acuíferos regionales importantes en su subsuelo (Barva, Colima Superior y Colima Inferior) y se caracteriza por ser, una zona de descarga acuífera, con presencia de manantiales en los cambios abruptos de topografía y también, con potencial de producción de aguas subterráneas por medio de la extracción de éstas con pozos.

Un aspecto importante a tomar en cuenta en el tema de la protección de los recursos hídricos subterráneos se refiere al área de protección de manantiales y pozos cuyas aguas son utilizadas para el abastecimiento público.

Para ello, como se mencionó previamente, la Municipalidad de Belén contrató los servicios de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica (Vargas, 2009) que identificó las áreas de protección de los pozos de abastecimiento público del cantón de Belén y que se suman las áreas de protección de manantiales ya identificados por el SENARA (Arredondo, 1995).

Además de estas áreas de protección que sigue el criterio de “zona de captura” o “tubo de flujo”, Vargas (2009) presenta el mapa de vulnerabilidad hidrogeológica del cantón.

Con ello se cumple el requerimiento de la Sala Constitucional para el desarrollo del Plan Regulador. Aparte de la definición de las áreas de protección de los pozos y manantiales, los criterios de vulnerabilidad acuífera definidos se utilizan como parte de las restricciones y condicionantes para el uso del suelo (ver adelante).

2.5.3 Hidrogeología Local

2.5.3.1 Potencial hidrogeológico de la cuenca y acuíferos

Desde un punto de vista hidrogeológico, la unidad estratigráfica de la **Formación Colima** es de una importancia excepcional para el abastecimiento con agua potable de la Gran Área Metropolitana, porque esta unidad estratigráfica comprende tres de los más importantes acuíferos de esta región:

El acuífero **Colima Inferior** se refiere a las coladas de lava del *Miembro Belén* en la base de la columna estratigráfica de la *Formación Colima* (ver atrás). Existen pozos con caudales hasta 60 l/s así como grupos de manantiales con caudales máximos de 300 l/s dentro de la barranca del Río Virilla.

La capa sobreyacente de tobas e ignimbritas del *Miembro Puente Mulas* forma un *acuitardo* que separa el acuífero *Colima Inferior* del acuífero **Colima Superior**. Este último coincide con la colada de lava inferior del *Miembro Linda*

Vista, el cual se refiere al techo de la columna estratigráfica de la *Formación Colima* (compare sección 2.1.2). El acuífero *Colima Superior* tiene un alto potencial productivo, pozos dentro de esta unidad hidrogeológica llegan a caudales de 100 l/s.

La **Formación Tiribí**, según los datos hidrogeológicos disponibles en la literatura geológica, está caracterizada por una permeabilidad relativamente reducida con valores entre 2.72×10^{-4} a 1.16 m/d. En el caso de las ignimbritas del *Miembro Electriona*, la permeabilidad puede aumentarse de forma considerable dentro de zonas con texturas brechosas o escoriáceas. De todos modos, el potencial para la extracción de aguas subterráneas se clasifica como muy reducido y por lo general la Formación Tiribí actúa como un acuitardo.

Dado su alto potencial de infiltración, la capa superficial de **Cenizas Subrecientes** representa un factor muy importante para la recarga de los sistemas acuíferos antes mencionados, que se encuentran en el subsuelo más profundo. De esta forma, la mayor parte de las aguas pluviales pueden entrar directamente al subsuelo y recargar de esta forma los diferentes sistemas acuíferos.

El hecho que la mayor parte de las aguas pluviales se infiltra directamente al subsuelo se refleja claramente en la morfología de la Meseta Volcánica: a pesar de las altas cuotas de precipitación anual (entre 2000 y 3000 mm/a) la red de drenaje está desarrollada de forma muy pobre dentro de la Meseta Volcánica – los cauces de tipo quebrada son limitados.

2.5.3.2 Acuíferos del cantón de Belén

En la Figura 22 del Atlas se presenta el mapa hidrogeológico básico del cantón de Belén. Como parte del mismo se incluyen los pozos de extracción de aguas subterráneas, así como la ubicación de los manantiales, hasta ahora registrados por un inventario sistemático realizado por la Municipalidad de Belén desde el año 2012, en las siguientes fuentes:

a) Archivo de Pozos (y manantiales) del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), b) Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía, y c) Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

Como puede observarse en el mapa de la Figura 22 del Atlas Mapa Hidrogeológico, en el subsuelo más superior del cantón de Belén, se presentan tres tipos de zonas con diferente potencial hidrogeológico, que se describen en lo que sigue.

Los Acuíferos Aluviales Abiertos, se presentan en depósitos aluviales de gravas y arenas que tienen espesores de métricos y como máximo de 15 metros. Se trata de un acuífero granular y abierto, es decir, que está directamente conectado a la superficie y por tanto es muy susceptible a la contaminación. Dadas sus dimensiones se trata de un acuífero de bajo potencial. Este acuífero tiene una conexión directa con la Quebrada Seca, aunque no se dispone de aforos específicos para determinar en qué tramos la quebrada aporta agua al acuífero y en qué otros lugares, es el acuífero el que aporta agua a la quebrada. El hecho de que es altamente susceptible a la contaminación y en razón de que en el cantón existen otras fuentes de mayor potencial de aporte de aguas subterráneas (ver adelante), el mismo prácticamente no se aprovecha.

Los Acuíferos Volcánicos de potencial alto a muy alto, corresponden a la presencia en superficie (ver Figura 22 del Atlas Mapa Hidrogeológico) de las unidades geológicas que albergan los acuíferos Barva y Colima Superior (comparar el mapa geológico que se presenta en la Figura 2 del Atlas). En el caso del Acuífero Barva, coincide con el área de afloramiento del Miembro Bermúdez de la Formación Barva que se extiende de la Zona Industrial, a la Ribera, Fuente, San Antonio y al suroeste de Asunción. Por su parte, el Acuífero Colima Superior, corresponde con las áreas de afloramiento de la Formación Lavas Intracañón que se presenta en el sector de Pedregal y a largo del cauce del Río Virilla al sur de Bosques de Doña Rosa. Ambos acuíferos se presentan en rocas volcánicas (lavas fracturadas y brechas) por lo que tienen una alta capacidad para almacenar y transmitir aguas subterráneas.

De igual manera, ambos acuíferos representan una importante fuente de agua para consumo humano de las poblaciones, no solo de Belén, sino también de parte de la Gran Área Metropolitana. La gran mayoría de los pozos y manantiales que se

muestran en el mapa de la Figura 22 del Atlas, corresponden a salidas de agua o extracciones de ambos acuíferos.

Los Acuíferos Volcánicos de potencial moderado a muy bajo, corresponden con la presencia en superficie de las unidades de cenizas volcánicas (subrecientes) y de las tobas e ignimbritas de la Formación Avalancha Ardiente (o Miembro Tiribí). Se califican como de potencial limitado (muy bajo a moderado) en la medida de que ambas formaciones presentan capacidad para infiltrar agua, no obstante, en el caso de las cenizas, debido a su granulometría tienen muy limitada capacidad para transmitirla por lo que funcionan más bien como un acuitardo, característica que también presentan las tobas de la Formación Avalancha Ardiente al menos en su parte superior. Las ignimbritas de esta formación, que se presentan en su parte más inferior, debido a su fracturación vertical, tienen la capacidad para transmitir agua hacia las unidades inferiores (Colima Superior), cuyo comportamiento hidrogeológico varía entre un acuitardo hasta un acuicierre (Protti, 2013).

Es importante mencionar que estas unidades de roca, a pesar de que tienen limitaciones hidrogeológicas para la formación de acuíferos de los cuales pueda extraerse agua subterránea, las mismas tienen importancia como áreas de recarga, en la medida de que pueden infiltrar parte de las aguas de lluvia, y transmitirla, lentamente, por percolación, hacia las rocas con mayor potencial acuífero que se presentan en el subsuelo.

El mapa de la Figura 22 representa la visión hidrogeológica en "superficie", es decir, en dos dimensiones, sobre la distribución espacial de las unidades de rocas y sus diferentes propiedades hidrogeológicas.

Esto es importante de aclarar, en la medida de que, para realizar un efectivo y eficiente ordenamiento ambiental del territorio, se hace indispensable conocer dicha distribución, a fin de orientar usos del suelo que tomen en cuenta esos factores y prevengan o corrijan la contaminación ambiental que pudiera estarse dando.

A fin de tener una visión "tridimensional" de la situación hidrogeológica del cantón de Belén, en la Figura 2-4 se presenta la interpretación hidrogeológica de la columna estratigráfica representativa del cantón de Belén. Como se puede observar en dicha figura, en el subsuelo superior de este cantón se presentan al menos 4 mantos de aguas subterráneas, siendo tres de ellos de gran valor estratégico como fuentes de agua: Barva, Colima Superior y Colima Inferior.

En la Figura 2-5, por su parte, se presenta el perfil geológico de Vargas (2009) adaptado con la interpretación hidrogeológica de la Figura 2-4. En ese perfil se observa la distribución de los tres principales acuíferos en el subsuelo del cantón y la profundidad aproximada en la que se presentan.

De igual manera, en dicho perfil se pueden observar las capas de roca que recubren dichas formaciones acuíferas, así como su espesor aproximado.

Estos datos, aunado a las características litopetrofísicas de las unidades geológicas, son muy importantes para aplicar el método GOD y con ello determinar la vulnerabilidad hidrogeológica (ver adelante).

En el Atlas de mapas se ha incluido:

- Ubicación de pozos y nacientes de todo el cantón de Belén.
- Ubicación de las nacientes, pozos y concesiones de pozos, quebradas, nacientes y ríos del cantón de Belén en el mapa hidrogeológico.
- Ubicación de las nacientes y pozos en la capa de limitantes técnico-jurídicas al uso del suelo propuesto en el Plan Regulador.
- Shapes de los mapas (como parte de datos digitales)

Asimismo, se realizó la valoración ambiental del área de protección de las nacientes y el pozo respecto al uso actual del suelo y determinación de sobreuso ambiental actual y medidas ambientales correctivas o mitigativas.

Se actualizaron los documentos Reglamento de Desarrollo Sostenible y Análisis de Alcance Ambiental.

Los datos de pozos y manantiales se procesan por dos razones muy importantes, a saber:

- Para interpretar la condición de geología del subsuelo superior que sirve para completar y mejorar los perfiles geológicos y, en especial, para determinar la presencia de acuíferos en el subsuelo y la característica de los mismos.

Esta información es considerada para el mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica.

- Para establecer las restricciones al uso del suelo, según las áreas de protección de los manantiales y los radios de operación de los pozos. Esta información se indica en la capa de restricciones técnica al uso suelo.

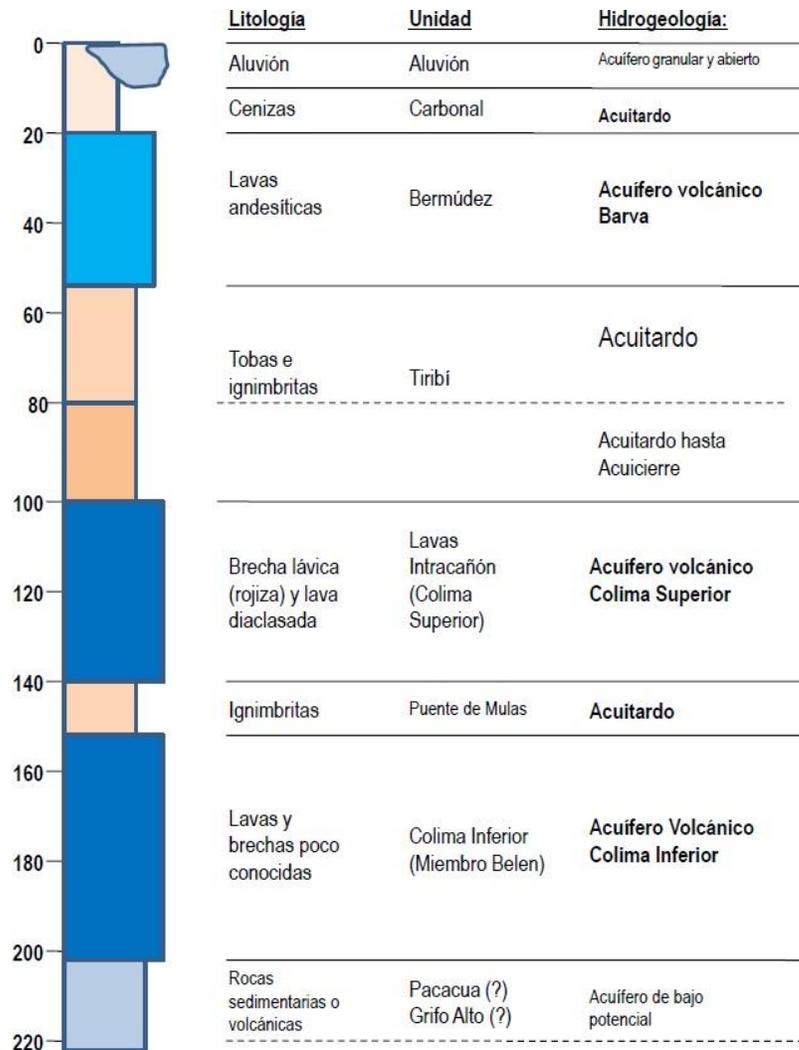


Figura 2-4 Interpretación hidrogeológica de la columna estratigráfica del subsuelo superior del cantón de Belén (modificado de Vargas, 2009 y Protti, 2013).

Como se observa, bajo el cantón se presentan al menos 4 mantos de aguas subterráneas.

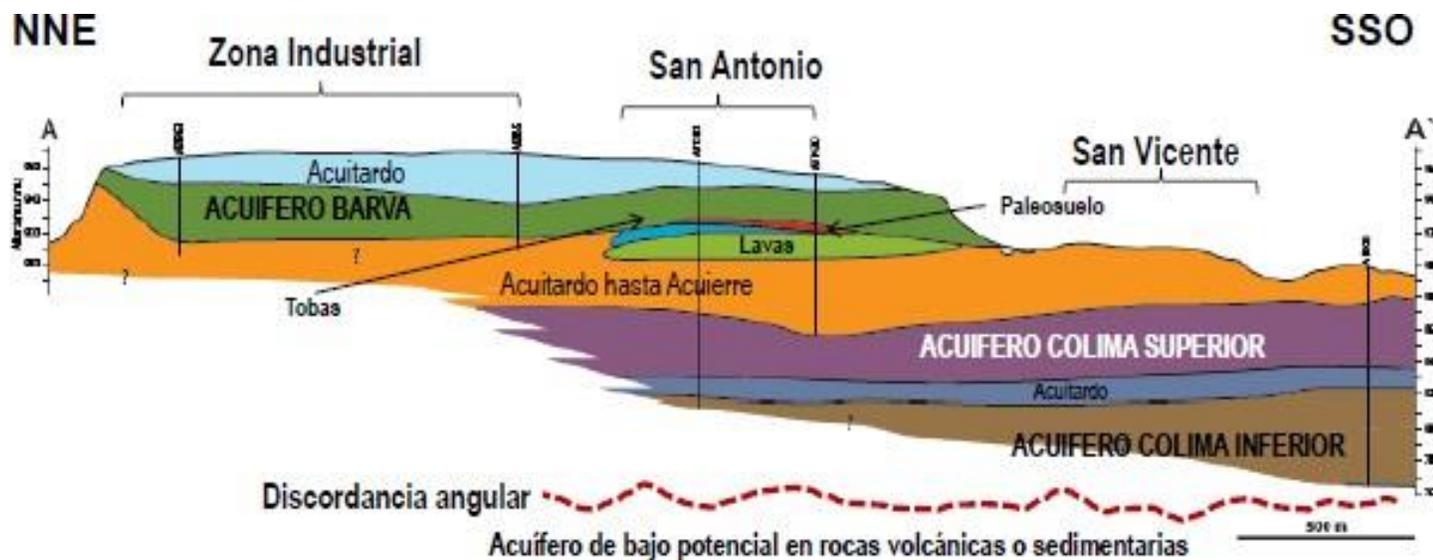


Figura 2-5 Perfil hidrogeológico del subsuelo superior del cantón de Belén (modificado de Vargas, 2009).

Se observa la distribución en el subsuelo de los 3 principales acuíferos que se presentan en el cantón y que representan una importante fuente de agua para las poblaciones.

Se muestra, además, las rocas de menor o muy poco potencial acuífero que recubren a dichos acuíferos, aspecto que resulta relevante cuando se considera el tema de la vulnerabilidad hidrogeológica.

2.5.4 Mapa IFA Geoaptitud Hidrogeológica

En la siguiente Tabla 2-9 se presentan los valores de las variables hidrogeológicas para todas las unidades identificadas. Ello para el Mapa de IFA Geoaptitud factor Hidrogeológico. Se incluye el dato de densidad de drenaje.

En la **Figura 31 del Atlas** se presenta el Mapa de IFA de Geoaptitud Hidrogeológica del cantón de Belén.

Este mapa se ha elaborado en función de las variables geológicas (litopetrofísicas), geomorfológicas (geodinámicas externas) e hidrogeológicas del cantón (ver atrás), según el procedimiento establecido en el Decreto Ejecutivo No. 32967 - MINAE.

Como parte de la información que sustenta dicho mapa se incluye la información de los datos de pozos, respecto a la litología (ver Figura 2.4) y otros datos hidrogeológicos disponibles para el cantón.

Se aclara que como parte de este mapa no se incluyen las restricciones legales para la protección de los recursos hídricos subterráneos del cantón de Belén, tales como áreas de protección de pozos y manantiales, o zonas de vulnerabilidad acuífera extrema y alta, debido a que las mismas, no representan limitantes técnicas que puedan ser sujetas de condicionamiento ambiental a un proyecto, sino que por el contrario representan restricciones legales de acatamiento obligatorio que deben ser cumplidas al momento en que se tramita un uso del suelo o un permiso de construcción ante la Municipalidad (ver más adelante).

Como puede verse, el establecimiento de restricciones legales a modo de prohibiciones de uso del suelo en un sistema de cartografiado que tiene como objetivo fijar limitantes técnicas para que sean consideradas en la planificación y diseño de los proyectos, no resulta práctico; de allí que lo solicitado por la SETENA se cumple en la medida de incluir la limitante técnica por vulnerabilidad, pero también se aplica, respecto a las restricciones legales en una fase de aplicación diferente a la de la generación de mapas de fragilidad ambiental (ver adelante).

Como se puede observar en la Tabla 2-9 se incluyen los datos del mapa de Geoaptitud – Factor Geodinámica Externa – Parámetro Densidad de Drenaje que se presenta en el Atlas de Mapas como la Figura 20. Como bien sabe la SETENA, el proceso de generación de mapas de IFA Geoaptitud, tal y establece la metodología, permite usar factores y parámetros utilizados para el desarrollo de otros factores de IFA Geoaptitud, como el de litopetrofísica y de geodinámica externa.

Por esta razón el **parámetro de densidad de drenaje** no se presenta como parte de los mapas de IFA Geoaptitud Hidrogeológico, sino que se encuentra en el mapa de IFA Geoaptitud Geodinámica Externa.

De igual forma se incluye como parte de los factores considerados los datos de precipitación promedio anual.

Se aclara que en el marco de lo establecido en la herramienta metodológica que establece el artículo 23 inciso “c” del DE 39150 y su modificación, así como la Introducción del Anexo 2 del DE 32967 para la elaboración del Mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica que considera el Mapa de densidad de drenaje que se elaboró para el Mapa de IFA Geoaptitud Geodinámica Externa. Se tiene claro que para el hidrogeológica se solicita la densidad de drenaje superficial de tipo permanente y para el geomorfológico la totalidad. No obstante, se considera más conveniente y práctico el uso de la densidad de drenaje total dado que el periodo de tiempo anual en que los cauces de agua superficial incluidos en el mapa no presentan agua, son muy reducidos, dada la tasa de precipitación existente en el área de estudio. Además, se considera que el efecto práctico de esa diferencia no es significativo.

Tabla 2-9 Valores de variables hidrogeológicas para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica

code_tms	Unidad Geomorfológica	drenaje	perfil hidrogeológico	Precipitación promedio anual	lineación	infiltración	suma	Geoaptitud - Hidrogeológica
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	3	2	1	3	3	12	2
195	Meseta Volcánica - Humedales	2	2	1	3	3	11	2
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub) recientes - relieve moderado	3	2	1	3	2	12	2
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	3	2	1	3	2	12	2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	2	1	1	3	1	9	1
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	2	1	1	3	1	9	1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - barrancas	2	1	1	3	1	9	1

code_tms	Unidad Geomorfológica	drenaje	perfil hidrogeológico	Precipitación promedio anual	lineación	infiltración	suma	Geoaptitud - Hidrogeológica
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon-Barrancas	2	1	1	3	1	9	1
2902	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	2	1	1	3	1	9	1
2903	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	2	2	1	3	2	10	2
2904	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	2	2	1	3	1	9	1

Geoapt Hidrogeológica

muy alto	5 - 9
alto	10 - 17
moderado	18 - 22
bajo	22 - 25
muy bajo	25 - 30



Esta valoración se realizó de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental

2.5.4.1 *Mapas de factores para el IFA Geoptitud Hidrogeológica*

En la **Figura 23 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Ubicación de Pozos, Nacientes y Concesiones de Agua del cantón de Belén y alrededores.

En la **Figura 24 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Ubicación de Pozos y Nacientes del cantón de Belén y alrededores.

En la **Figura 25 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Precipitación promedio Anual del cantón de Belén y alrededores.

La precipitación promedio anual indica la cantidad de agua de lluvia que cae, en promedio, anualmente en el área de estudio. Este dato, combinado con el dato de potencial de infiltración, permite obtener un dato aproximado del porcentaje de agua que se infiltra al suelo y recarga los acuíferos del subsuelo superior. Ese dato es importante para considerar el potencial hidrogeológico de las unidades hidrogeológicas identificadas en el área de estudio. Es un insumo relevante para el Mapa de IFA Geoptitud Hidrogeológica.

En la **Figura 26 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Temperatura Promedio Anual del cantón de Belén y alrededores.

En la **Figura 27 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Evapotranspiración Anual del cantón de Belén y alrededores.

En la **Figura 28 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Precipitación Promedio del mes de agosto del cantón de Belén y alrededores.

En la **Figura 29 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Precipitación Promedio del mes de septiembre del cantón de Belén y alrededores.

En la **Figura 30 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Precipitación Promedio del mes de octubre del cantón de Belén y alrededores.

Para los diferentes factores se han establecido los valores con criterio de experto, según el DE 32967 y el DE 39150.

Es importante señalar a la SETENA que el cantón de Belén es del grupo de municipios a los cuales la Sala Constitucional ordenó que debían realizar un **mapa de vulnerabilidad hidrogeológica** y que el mismo debería ser revisado y aprobado el SENARA. Esto a fin de aplicar de forma vinculante la Matriz del SENARA del año 2006.

Para cumplir este requisito, la Municipalidad de Belén, contrató los servicios del SENARA para realizar el referido Mapa de Vulnerabilidad Hidrogeológica.

El mapa de vulnerabilidad hidrogeológica a la contaminación del cantón de Belén, se realizó en el 2016 como parte de una revaloración de la vulnerabilidad acuífera en el cantón, mediante la metodología DRASTIC, en la cual se basa en una sobre posición de varias capas correspondientes a los 7 parámetros que integra esta metodología. A partir de la realización de éste, se determinaron 4 zonas de vulnerabilidad, correspondiente a baja, media, alta y extrema.

Dicho mapa fue aprobado por el mismo SENARA y se encuentra vigente.

El Mapa de Vulnerabilidad Hidrogeológica, el Informe del SENARA y el documento de aprobación del mismo, se presenta como **Anexo 1** de este documento.

Debido a esta circunstancia y a fin de no generar confusiones técnicas con la generación de otro mapa de vulnerabilidad hidrogeológica realizada con metodología GOD, el mismo no fue elaborado, dada esa condición de excepción explicada anteriormente.

De esta manera el mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica se confeccionó, por criterio de experto, en función de todo el otro conjunto de variables, excepto el de vulnerabilidad hidrogeológica.

Cabe señalar que, dado que el mapa de vulnerabilidad hidrogeológica elaborado y aprobado por el SENARA es de tipo vinculante, así como la aplicación de la Matriz del SENARA del 2006, el mismo se convierte en un criterio de restricción técnica jurídica que se debe sobreponer al mapa de zonificación de uso del Plan Regulador del cantón de Belén.

Desde este punto de vista, supera el alcance del presente estudio de zonificación de fragilidad ambiental que se basa en la identificación de limitantes técnicas ambientales y el establecimiento de medidas ambientales. En consideración de ello, corresponde a la Municipalidad de Belén, en el proceso de trámite de uso del suelo o de permisos de construcción, realizar la verificación correspondiente del terreno en cuestión, respecto al mapa de vulnerabilidad hidrogeológica y las restricciones hidrogeológicas que aplican.

2.5.5 Resultados del Mapa IFA Geoaptitud Hidrogeológico

En la Tabla 2-9 se presentaron los valores de las variables hidrogeológicas para todas las unidades identificadas. Ello para el Mapa de IFA Geoaptitud factor Hidrogeológico.

Las otras variables que se incluyen de forma adicional en el Atlas de Mapas Ambientales, se integran como insumos que permitan precisar mejor algunas de las variables que se utilizan para la construcción el mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica, como por ejemplo el dato de evapotranspiración, temperatura y precipitación que permiten realizar el cálculo de infiltración, entre otros elementos.

Esto se hace, según el procedimiento establecido en la Introducción del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE, basado en Criterio de Experto.

Se aclara que, el hecho de que los “shapes” de esas variables adicionales se extiendan más allá de los límites del cantón no afecta de ningún modo la estimación de la zonificación que se deriva en el IFA Geoaptitud Hidrogeológica, tal y como se explicó previamente.

Finalmente, sobre este tema, en la Tabla 2-10 siguiente se presentan los factores hidrogeológicos que deben ser considerados en la construcción del Mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica.

Esto, según lo establece el Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE. Como se puede ver, estas variables son las que se utilizan en el estudio que aquí se discute, tal y como se puede ver en la Tabla 2-10.

El Mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológico del cantón de Belén (ver **Figura 31 del Atlas del Atlas de Mapas Ambientales**), indica que en este territorio se presentan solamente dos zonas de fragilidad ambiental en consideración del factor hidrogeológico.

Tabla 2-10. Variables a considerar para la elaboración del Mapa de IFA Geopotitud Hidrogeológica, según el decreto ejecutivo No. 32967 – MINAE

Hidrogeología					
	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Densidad de drenaje de corrientes permanentes (km/km ²)	0 - 2	2 - 6	6 - 10	10 - 14	> 14
Índice del perfil hidrogeológico	unidades lito-estratigráficas que incluyen acuíferos de alto potencial de producción	unidades lito-estratigráficas que incluyen acuíferos de bajo potencial de producción, pero dentro de unidades subyacidas se encuentra acuíferos importantes	unidades lito-estratigráficas que incluyen acuíferos de bajo potencial de producción	unidades lito-estratigráficas sin acuíferos conocidos, pero dentro de unidades subyacidas se encuentra acuíferos de bajo potencial de producción	unidades lito-estratigráficas sin acuíferos conocidos, ni dentro de estratos subyacidos
Factor de lineación	muy alto	alto	moderado	bajo	muy bajo
Potencial de infiltración	muy alto	alto	moderado	bajo	muy bajo

Fuente: Decreto ejecutivo No. 32967 MINAE

La Zona de Muy Alta Fragilidad Ambiental por geopotitud hidrogeológica, coincide con el área de aparición en superficie de las unidades de roca que albergan los acuíferos volcánicos de Barva y Colima Superior. Debido a que estas unidades solo son separadas de la superficie por la capa de suelo (cuando éste se presenta), califican como zonas de muy alta fragilidad, en la medida de que son de muy alta susceptibilidad a la contaminación.

Esta limitante técnica lleva a generar un condicionamiento ambiental para las actividades existentes y las actividades nuevas que se planifiquen sobre estas zonas de forma tal que incorporen una serie de medidas ambientales preventivas, y dado el caso, correctivas, a fin de proteger y prevenir la contaminación de las aguas subterráneas que se albergan en sus acuíferos. Dichas limitantes técnicas se presentan, según el tipo de acuífero en la Tabla 2-11 **Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Hidrogeológicas**

La Zona de Alta Fragilidad Ambiental por geoaptitud hidrogeológica cubre el resto del cantón de Belén, es decir, las áreas donde en el subsuelo superior y el suelo se presentan las unidades estratigráficas de: humedal, las cenizas subrecientes, los depósitos relacionados con cauces fluviales recientes y las rocas tobáceas e ignimbríticas de la Formación Avalancha Ardiente (Miembro Tiribí). La aplicación del método del IFA, determina que estas zonas califican como de alta fragilidad ambiental por hidrogeología en razón de que sirven como área de infiltración y recarga (algunas veces lenta) a los acuíferos subyacentes.

En este caso, la identificación de esa condición de fragilidad permite establecer una serie de condicionantes hidrogeológicas para el uso de esos terrenos, vinculados por ejemplo al no uso de sistemas de tanques sépticos, así como limitaciones respecto a la cobertura de las edificaciones en caso de construcciones o de uso de agroquímicos, en el caso de actividades agrícolas. En la Tabla 2-11 se completa la caracterización de esta zona, según el tipo de unidad geológica e hidrogeológica a que se refiere. La suma de las limitantes técnicas y recomendaciones de uso del suelo se presenta en la Tabla de Limitantes Técnicas del Atlas de Mapas. Resulta relevante llamar la atención al hecho de que, aunque existen ciertas similitudes con el mapa de vulnerabilidad hidrogeológica de Vargas (2009) y del SENARA (2016), un análisis más detallado muestra que el mapa de IFA Geoaptitud Hidrogeológica, pese a que no es prohibitivo como el primero, condiciona mejor el uso del suelo que el de vulnerabilidad.

Como parte de este Mapa en la **Figura 32 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud – Factor Hidrogeológico, Parámetro Índice de Perfil Hidrogeológico.

Por su parte, en la **Figura 33 del Atlas** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud Factor Hidrogeológica, Parámetro Potencial de Infiltración. Ambos mapas se han considerado para la elaboración del Mapa.

Tabla 2-11 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Hidrogeológicas

Unidad Geomorfológica	IFA Geoaptitud - Hidrogeológica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	Alta	Alta capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas.
Meseta Volcánica - Humedales	Alta	Capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad a la infiltración de sustancias contaminantes.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas.
Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	Alta	Alta capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Capacidad de atenuación de contaminantes.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas.

Unidad Geomorfológica	IFA Geoptitud - Hidrogeológica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Cenizas (sub) recientes - relieve bajo	Alta	Muy Alta capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Capacidad de atenuación de contaminantes.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	Muy Alta	Alta capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Presencia de manantiales de diverso caudal en los cambios de relieve lo que implica afectación del uso del suelo por áreas de protección.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas. Potencial presencia de fuentes de agua subterránea para uso humano, tanto por manantiales, como por la perforación de pozos.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	Muy Alta	Muy Alta capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Presencia de manantiales de diverso caudal en los cambios de relieve lo que implica afectación del uso del suelo por áreas de protección.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas. Potencial presencia de fuentes de agua subterránea para uso humano, tanto por manantiales, como por la perforación de pozos.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	Muy Alta	Baja capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Presencia de manantiales de diverso caudal en los cambios de relieve lo que implica afectación del uso del suelo por áreas de protección.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas. Potencial presencia de fuentes de agua subterránea para uso humano, tanto por manantiales, como por la perforación de pozos.

Unidad Geomorfológica	IFA Geoptitud - Hidrogeológica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - formación Lavas Intracañón- Barrancas	Muy Alta	Baja capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Presencia de manantiales de diverso caudal en los cambios de relieve lo que implica afectación del uso del suelo por áreas de protección.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas. Potencial presencia de fuentes de agua subterránea para uso humano, tanto por manantiales, como por la perforación de pozos.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	Alta	Alta capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Presencia de manantiales de diverso caudal en los cambios de relieve lo que implica afectación del uso del suelo por áreas de protección.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas. Potencial presencia de fuentes de agua subterránea para uso humano, tanto por manantiales, como por la perforación de pozos.
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	Alta	Muy Alta capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Presencia de manantiales de diverso caudal en los cambios de relieve lo que implica afectación del uso del suelo por áreas de protección.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas. Potencial presencia de fuentes de agua subterránea para uso humano, tanto por manantiales, como por la perforación de pozos.

Unidad Geomorfológica	IFA Geoaptitud - Hidrogeológica	Limitantes	Potencialidades
Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	Alta	Baja capacidad de infiltración de aguas. Susceptibilidad alta a la infiltración de sustancias contaminantes. Presencia de manantiales de diverso caudal en los cambios de relieve lo que implica afectación del uso del suelo por áreas de protección.	Presencia de cuerpos de aguas subterráneas en el subsuelo superior a profundidades métricas. Potencial presencia de fuentes de agua subterránea para uso humano, tanto por manantiales, como por la perforación de pozos.

Fuente: Datos propios del autor

2.5.6 Certificación de certidumbre

Aplicando la metodología de cálculo de certidumbre explicada en el Sección 2.2 que representa una adaptación de la metodología establecida en el Decreto Ejecutivo No. 32967 - MINAE, se ha realizado una calificación de la calidad de información que se obtuvo para los diferentes criterios hidrogeológicos utilizados (ver Tabla 2-12).

En razón de que se dispone de información, por medio del SIG, se considera que la información aportada para el área de estudio tiene una certidumbre alta.

Por su parte, con los datos de pozos de aguas subterráneas y el modelo hidrogeológico conceptual creado para el área de estudio, se estima que aporta una información aceptable con un valor de muy alto. En particular, considerando la información que aportan los estudios técnicos hidrogeológicos realizados.

Tabla 2-12 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geoaptitud Hidrogeológica

Valores → Criterios y sus pesos ↓	Muy Alto (5)	Alto (4)	Moderado (3)	Bajo (2)	Muy Bajo (1)
Densidad de drenaje (5)		20			
Índice de perfil hidrogeológico (5)	25				
Factor de lineación (5)			10		
Potencial de infiltración (5)		15			
Sumatoria:		70			
Rangos de calificación:	80 –100	60 - 80	40 – 60	20 - 40	0 - 20

Fuente: Modificado del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE

En lo referente al factor de lineación, se tiene cierta información local sobre el grado de fracturamiento de las unidades de roca con un valor de tipo moderado.

Respecto al potencial de infiltración se dio un valor de certidumbre alto, debido a que se tienen datos aportados por el estudio de Vargas (2009) entre otros.

Debido a lo anterior, la certidumbre general es de tipo Alto. Dato que se considera satisfactorio para las conclusiones que se derivan para este factor ambiental.

Al igual que para los otros factores, se aclara que los lineamientos técnicos derivados para este tema se realizan para la escala de trabajo definida, razón por la cual, deberán complementarse con estudios técnicos más detallados para el desarrollo de diseños de proyectos más específicos.

2.6 Factor Amenaza por Deslizamientos

2.6.1 Introducción

2.6.1.1 Marco teórico básico

El factor Amenaza por Deslizamientos del IFA Geoptitud representa la aptitud de terrenos para el uso humano en función del riesgo relacionado con fenómenos de deslizamientos y derrumbes. En este sentido las zonas montañosas representan posibles fuentes de deslizamientos por lo cual en este caso el factor Amenaza por Deslizamientos del IFA Geoptitud refleja el grado de estabilidad de las laderas y evalúa el riesgo para la formación de deslizamientos en zonas de alta pendiente.

Por otro lado, en el caso de las zonas llanas el mismo factor se refiere al riesgo que flujos caóticos de gravedad, incluyendo avalanchas y flujos de lodo entre otros, que pasen por los terrenos dejando como resultado serias pérdidas con respecto a construcciones e infraestructura, así como vida humana y de otros seres vivientes.

Cabe destacar que el uso del término “deslizamiento” se da aquí en un sentido amplio y más bien como sinónimo del concepto de “fenómenos de estabilidad de ladera” tal y fue planteado por Mora & Mora (1994).

Los autores citados, hacen una adaptación de la clasificación de Varnes (1978) y establecen una clasificación de tipos de fenómenos de inestabilidad de laderas aplicable para el país y en particular para la zona litoral pacífica (ver Tabla 2-13).

Dentro del área de estudio la amenaza más alta por deslizamientos principalmente está relacionada con la unidad geomorfológica de barrancas de avalancha ardiente, de lavas Intracañón y las del Miembro Carbonal y con las áreas de influencia directa de los cauces fluviales.

Tabla 2-13 Clasificación de fenómenos de inestabilidad de laderas según Mora & Mora (1994) con ejemplos para el Valle Central, pero aplicable para todo el país.

Tipo	Clasificación	Descripción	Ejemplos en la GAM	Tipos de rocas
1. Deslizamientos en rocas	a. Basculamientos de columnas de roca	Rotación hacia delante de una o varias unidades sobre un punto pivote en la unidad más baja, por la acción de la gravedad	Cañones de ríos Alajuela, Virilla y Uruca	Lavas e ignimbritas intensamente fracturadas. También en rocas sedimentarias con alta inclinación.
	b. Caída de bloques de roca	Desprendimiento súbito de una masa de roca de cualquier tamaño desde una ladera empinada.	Valle de Ujarrás, Cañón del Río Virilla.	Taludes de rocas de diverso origen, expuestas y fracturadas.
	c. Deslizamientos de losas de roca	La masa de roca avanza hacia abajo a lo largo de una superficie más o menos planar, definida por planos de debilidad (fallas, diaclasas)	Carretera San José - Ciudad Colón (Alto Las Palomas)	Rocas de la Formación Avalancha Ardiente.
2. Deslizamientos rotacionales y traslacionales	a. De pequeño volumen	< 1 millón de m ³ .	Ejemplos: en Tres Ríos, Aserrí, Fraijanes, Itiquís, Alto Tapezco en Santa Ana	Rotacionales: el movimiento ocurre a lo largo de la superficie de ruptura cóncava hacia arriba, es influenciado por fallas, diaclasas, planos de estratificación y otras discontinuidades.

Tipo	Clasificación	Descripción	Ejemplos en la GAM	Tipos de rocas
	b. De volumen considerable	> 1 millón de m ³	Ejemplos: Valle de Ujarrás, Cuenca del Río Reventado.	Traslacionales: el movimiento de la masa se realiza a lo largo de una superficie más o menos planar y por lo general es controlado por superficies de debilidad como lo son fallas, planos de estratificación, variaciones en la resistencia de los estratos.
3. Flujos de detritos (avalanchas)	a. De volumen considerable	> 15 mil m ³	Ejemplos: Cerro Doán, Orosi, Parque Nacional Volcán Irazú. Son comunes en la Formación Doán.	Ocurre por un movimiento rápido de materiales no consolidados, que presentan una gran movilidad y se desplazan a lo largo de cauces de corrientes superficiales (ríos y quebradas). Son producto de eventos aislados de volumen considerable.
	b. Numerosos de volumen pequeño	< 15 mil m ³		
4. Reptación de suelos	Se desarrolla en laderas con suelos de granulometría fina, parcial o totalmente saturados (de agua), que se movilizan sobre pendientes relativamente moderadas (5 a 30 °). Involucra espesores superiores a los 10 m, y es un caso bastante común que se presente en áreas desprovistas de vegetación o sometidas a prácticas agropecuarias inadecuadas. Es bastante común en el Valle Central.			

Fuente: Mora & Mora (1994).

La amenaza alta a moderada está relacionada con las cenizas subrecientes. Para cualquier tipo de proyecto de construcción es esencial analizar con todo detalle la posible disminución de la estabilidad de taludes provocada por cortes de laderas, terrazas artificiales o el peso adicional de las construcciones, en particular aquellas mayores a dos pisos de altura. En este sentido, es muy importante considerar la posible pérdida de la dureza de roca a causa de la presencia de zonas de fracturamiento y/o sistemas de diaclasas.

En la **Figura 34 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de Amenazas y Peligros Naturales de la Comisión Nacional de Emergencias. Por su parte, el mapa del Factor Amenaza por Deslizamientos del IFA Geoaptitud para el cantón de Belén está representado en el mapa de la **Figura 35 del Atlas de Mapas Ambientales**.

2.6.1.2 Importancia práctica del tema

El tema de la estabilidad de ladera, o lo que es lo mismo, la vulnerabilidad de los terrenos con pendiente a ser afectados por procesos de desprendimientos gravitacionales en masa (resumidos como deslizamientos), es un tema de gran importancia para un país tropical como Costa Rica.

Las razones son muchas, más del 60 % del país presenta relieve, es decir, pendientes o laderas, algunas de ellas muy empinadas, los suelos son espesos, típicos de país tropical, además de que hay formaciones geológicas en el subsuelo superior, que por fracturación o por abundancia de arcilla, son también muy vulnerables y además, el territorio del país es una de las regiones más lluviosas del mundo (con precipitaciones promedio de 2500 mm anuales).

A esto se suma el hecho de que Costa Rica también es un país altamente sísmico y con amenaza volcánica.

Todo lo anterior lleva a que los deslizamientos sean, junto con las inundaciones, las principales y más frecuentes fuentes de desastres todos los años, con una característica, que van en incremento año con año. Por todo esto, son un elemento que debe tomarse en cuenta para determinar la fragilidad ambiental de un terreno y establecer su Geoaptitud.

Combinando los tres mapas elaborados previamente (geología, geomorfología e hidrogeología), y sus respectivas variables, junto con dos variables adicionales, como son el promedio de precipitaciones mensuales de la zona y el paralelismo entre la inclinación de la ladera y el factor de lineación (buzamiento o inclinación de capas, fracturación) de la formación geológica del subsuelo superior, es posible generar los mapas de IFA – Geoaptitud por Estabilidad de Ladera (o Deslizamientos). Debe recordarse que en los mapas previos se toman en cuenta variables clave, como la pendiente, el espesor de suelos, la presencia de acuíferos, entre otros.

Los mapas, como siempre, generan 5 categorías de IFA, desde muy alta a muy baja. Un terreno con una muy alta fragilidad a los deslizamientos, por lo general va a estar caracterizado por suelos espesos y pendientes pronunciadas. Por el contrario, terrenos de muy baja fragilidad, van a ser áreas con baja pendiente, principalmente.

El hecho de que un terreno dado califique como de alta o muy alta fragilidad, NO SIGNIFICA que tenga prohibido el uso del suelo para el desarrollo de actividades humanas. Desde el punto de vista del IFA Geoaptitud, de lo que se trata es de identificar la limitante técnica en cuestión y de que antes de tomar una decisión sobre una actividad humana (cultivos, ganadería, construcción de edificios o infraestructura) el tema sea tomado en cuenta y que se cumplan condicionantes técnicas para el uso del suelo.

2.6.2 Resultados para el área de estudio

2.6.2.1 Zonificación por amenaza a los deslizamientos

En primera instancia y como referencia, en la Figura 34 del Atlas de Mapas, se presenta el mapa de amenazas y peligros naturales del cantón de Belén generado por la Comisión Nacional de Emergencias (escala 1:50.000).

Como se puede observar en el mapa de la Figura 35 del Atlas de Mapas se presenta el Mapa de Geoaptitud Factor Estabilidad de Laderas, las áreas de muy alta amenaza a los deslizamientos en el cantón de Belén corresponden con las zonas de barrancas de los ríos Segundo, Bermúdez y Virilla.

Esto se debe a que en estas áreas se presentan altas pendientes aunadas a la vulnerabilidad de las formaciones geológicas a los procesos de erosión y desprendimiento gravitacional. Por su parte, las zonas de alta amenaza se presentan en las frentes de las coladas de lava, de la Formación Barva, en las áreas de pendientes moderadas a altas, en los sectores de la Ribera y de Asunción (ver Figura 35 del Atlas de Mapas).

El resto del cantón presenta una condición de baja a muy baja susceptibilidad a los deslizamientos. No obstante, para estas áreas, en el caso de excavaciones o taludes de corte, deben contemplarse las limitantes y condicionantes técnicas señaladas en el apartado de Geoaptitud Litopetrofísica (ver atrás).

Es importante señalar que, para el caso de las zonas de alta y muy alta amenaza a deslizamiento, se ha contemplado además de las condiciones de pendiente y susceptibilidad por baja a muy baja geoaptitud litopetrofísica, la posibilidad de que se den factores detonantes, como, por ejemplo, sismos fuertes o bien condiciones de altas precipitaciones.

Adicionalmente, como parte del análisis de fragilidad ambiental, también se analiza el uso del suelo que se dé al terreno. Así, por ejemplo, la eliminación de cobertura boscosa natural en zonas de alta pendiente, el manejo inadecuado de drenajes superficiales, el desarrollo de rellenos de escombros no estabilizados o la falta de medidas de ingeniería para la estabilización de taludes, podría conducir a que se incrementen los efectos de susceptibilidad y daños por este tipo de eventos geológicos.

2.6.2.2 Mapas de factores ambientales para IFA Geoaptitud Amenaza por Deslizamientos

En la Tabla 2-14 siguiente se presentan los factores que deben ser considerados para confeccionar el Mapa de IFA Geoaptitud Estabilidad de laderas. Esto, en razón de que las otras variables a considerar, se toman de los factores de geoaptitud litopetrofísica, geoaptitud por geodinámica externa y geoaptitud hidrogeológica.

En la Tabla 2-15 subsiguiente se presentan los valores de los factores ambientales considerados para el cálculo del IFA Geoaptitud – Deslizamientos. Se aclara que como parte de estos factores se incluyen las zonas de Geoaptitud hidrogeológica alta y muy alta.

El shape solicitado del mapa de IFA Geoaptitud – Deslizamientos, se presenta de forma adjunta a este documento, como parte de los datos digitales.

En la **Figura 36 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa IFA Geoaptitud Factor Estabilidad de Laderas, Parámetro de meses más lluviosos.

En la **Figura 37 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa IFA Geoaptitud Factor Estabilidad de Laderas, Parámetro factor de sismicidad.

Estos mapas, junto con los de IFA Geoaptitud Litopetrofísica y Geodinámica Externa han sido utilizados para generar la Mapa de IFA Geoaptitud Amenaza por Deslizamientos del cantón de Belén. Para los diferentes factores se han establecido los valores con criterio de experto, según el DE 32967 y el DE 39150.

Tabla 2-14 Factores para confeccionar el Mapa de IFA Geoaptitud – Estabilidad de laderas

Factores	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Condiciones de precipitación promedio mensual para los tres meses más lluviosos de la zona	> 500	400 - 500	300 - 400	200 –300	< 200
Dirección de talud (versus dirección dominante de lineaciones)	paralelo	-----	oblicuo / ninguna alineación dominante	-----	perpendicular

Nota 4: Para el desarrollo de estos mapas se utilizan, también, los factores necesarios de las Tablas 1 – 3. El profesional responsable, según criterio de experto podrá incluir nuevos factores, siempre que los justifique técnicamente y sean de fácil y lógica comprensión.

Tabla 2-15 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Deslizamientos

TMS	Unidad Geomorfológica	Espesor de suelos	Precipitación	Pendientes	Sismicidad	Cobertura v.	Fallas	Erosión/	Sedimentación	Geoap. Hidrog.	Direcc. Talud	suma	Geoaptitud – Desliza – mientos
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	3	1	4	2	2	NA	4	2	2	5	25	3
195	Meseta Volcánica - Humedales	2	1	4	2	2	NA	4	2	2	5	24	3
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	2	1	2	2	3	NA	2	4	2	3	21	3
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	2	1	4	2	3	NA	4	2	2	4	24	3
1803	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	4	1	4	2	3	NA	2	4	1	3	24	3
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	3	1	3	2	3	NA	3	3	1	4	23	3
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - barrancas	1	1	1	1	1	NA	1	1	1	1	9	1
2794	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	1	1	1	1	1	NA	1	1	1	1	9	1
2804	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	4	1	2	2	3	NA	2	4	2	3	23	3
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	3	1	4	2	3	NA	4	2	2	4	25	3
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	1	1	1	1	1	NA	1	1	1	1	9	1

Geoapt Deslizamientos

muy alto	5 - 10
alto	11 - 20
moderado	21 - 30
bajo	31 - 40
muy bajo	41 - 50

Esta valoración se realizó de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental

2.6.2.1 Síntesis de limitantes y potencialidades técnicas por IFA Geoaptitud Amenaza por Deslizamientos

En la Tabla 2-16 se resumen las características de las principales unidades de susceptibilidad al fenómeno de deslizamientos, identificadas y se señalan las limitantes y potencialidades técnicas de cada una de ellas, según la condición de fragilidad ambiental por el factor IFA Geoaptitud Amenaza por Deslizamientos.

Tabla 2-16 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenaza por Estabilidad de Laderas (o susceptibilidad a Deslizamientos)

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
Zonas de Muy Alta Fragilidad	<p>Terrenos de muy alta pendiente (mayores al 60 %)</p> <p>Condiciones geológicas limitadas debido a la presencia de suelos arcillosos espesos y formaciones geológicas fracturadas en el subsuelo superior.</p> <p>En muchos casos sin presencia de cobertura boscosa natural.</p> <p>En muchos casos, drenajes de aguas superficiales deficientes que favorecen la acumulación de aguas superficiales y el desarrollo de “acuíferos colgados” que aumentan la susceptibilidad a los deslizamientos.</p>	<p>Terrenos de aptitud forestal, con potencial para el desarrollo de bosques naturales y la protección de flora y fauna silvestre.</p> <p>La posibilidad del desarrollo de construcciones debe ser determinada por estudios geológicos y geotécnicos de detalle que definan lineamientos concretos de diseño que superen las limitantes señaladas.</p>

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
Zonas de Alta Fragilidad	<p>Terrenos de alta pendiente (mayores al 45 %)</p> <p>Condiciones geológicas limitadas debido a la presencia de suelos arcillosos espesos y formaciones geológicas fracturadas en el subsuelo superior.</p> <p>En muchos casos sin presencia de cobertura boscosa natural o solo cobertura boscosa secundaria.</p> <p>En muchos casos, drenajes de aguas superficiales deficientes que favorecen la acumulación de aguas superficiales y el desarrollo de “acuíferos colgados” que aumentan la susceptibilidad a los deslizamientos.</p>	<p>La posibilidad del desarrollo de construcciones debe ser determinada por estudios geológicos y geotécnicos de detalle que definan lineamientos concretos de diseño que superen las limitantes señaladas.</p> <p>Las actividades agrícolas y agropecuarias son posibles, pero requieren de la implementación de medidas ambientales concretas para disminuir la vulnerabilidad, tales como buenas prácticas agrícolas, manejo de drenajes y desarrollo local de sistemas de terrazas.</p>
Zonas de Moderada Fragilidad	<p>Terrenos de moderada pendiente (mayores al 15 %)</p> <p>Condiciones geológicas limitadas debido a la presencia de suelos arcillosos espesos y formaciones geológicas fracturadas o alteradas en el subsuelo superior.</p>	<p>La posibilidad del desarrollo de construcciones debe ser determinada por estudios geológicos y geotécnicos de detalle que definan lineamientos concretos de diseño que superen las limitantes señaladas.</p> <p>Las actividades agrícolas y agropecuarias son posibles, con la aplicación de buenas prácticas de conservación de suelos.</p>
Zonas de Baja Fragilidad	<p>Terrenos de bajo pendiente, asociados a cauces fluviales activos y sus valles de inundación inmediata.</p> <p>Presentan bajo potencial al desarrollo de deslizamientos.</p>	<p>Las actividades humanas a desarrollar tienen que tomar en cuenta la condición de geodinámica activa de esta zona, particularmente asociado a los procesos de erosión e inundación fluvial.</p>

Fuente: Datos propios.

2.6.2.2 Calificación de certidumbre

Aplicando la metodología de cálculo de certidumbre explicada en el Sección 2.2 que representa una adaptación de la metodología establecida en el Decreto Ejecutivo No. 32967 - MINAE, se ha realizado una calificación de la calidad de información que se obtuvo para los diferentes criterios de amenaza por deslizamiento utilizados (ver Tabla 2-17).

Referente a la información de precipitación, como se indicó antes, se considera como moderada en la medida de que se utiliza la estación más cercana al área de estudio, que corresponde con la que se localiza en el Aeropuerto Juan Santamaría. Como puede observarse, los meses más lluviosos son Agosto, septiembre y Octubre.

Tabla 2-17 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geoaptitud Deslizamientos

Valores →	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Criterios y sus pesos ↓	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
Condicionamiento de precipitación promedio mensual para los tres meses más lluviosos de la zona (5)			15		
Dirección del talud versus dirección dominante de lineaciones (5)			15		
Otros factores geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos considerados previamente (5)		20			
Sumatoria:		50			
Rangos de calificación:	60 – 85	45 - 60	30 – 45	15 - 30	0 - 15

Fuente: Modificado del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE.

Por su parte, los datos dirección de talud que pueden derivarse del mapa de pendientes respecto a la dirección de lineaciones en las rocas, se califica como de tipo moderado.

Finalmente, los datos que se obtienen de la información geológica, geomorfológica e hidrogeológica aplicados a este factor, se definen como un valor de certidumbre en virtud del promedio de calificación de certidumbre individual.

En consideración de todo lo anterior, la certidumbre general es de **tipo Moderado**.

Este dato se considera satisfactorio para las conclusiones que se derivan para este factor ambiental.

2.7 IFA Geoaptitud - Factor Amenazas Naturales

2.7.1 Introducción

El factor Amenazas Naturales del IFA Geoaptitud representa la aptitud de terrenos para el uso humano en función de la probabilidad de amenazas naturales.

En el caso del Cantón de Belén, las amenazas naturales relevantes incluyen inundaciones de cauces fluviales, actividad sísmica de origen tectónico regional, así como amenaza volcánica.

Con la finalidad de presentar el mapa de este factor del IFA Geoaptitud con más claridad, las amenazas naturales están representadas en mapas temáticos separados (ver figuras 38 al 49 del Atlas de Mapas).

La evaluación a la susceptibilidad a las amenazas naturales está basada en la interpretación de los datos geológicos, geomorfológicos e hidrogeológicos complementados con los datos disponibles sobre eventos dañinos ocurridos en el pasado.

La información de geoaptitud amenazas naturales no sustituye los estudios específicos, a menor escala, que sobre temas tales como deslizamientos o avalanchas, sismicidad, neotectónica de fallas, licuefacción, inundaciones o amenaza volcánica se puedan realizar para espacios geográficos específicos, una vez que se ha considerado existe potencial de que esos fenómenos puedan ocurrir.

No obstante, el estudio de IFA puede orientar, dada la visión más integradora y general que tiene, acerca de los espacios geográficos en que dichos estudios requieren ser realizados, de previo al desarrollo de proyectos, obras o actividades.

Referente a la existencia de fallas geológicas en el cantón de Belén

Tal y como se indicó antes, el trabajo realizado para este estudio técnico se efectuó a escala 1:5.000 con trabajo de campo y fotointerpretación. Como resultado de este análisis se encontró que en sector sur del cantón se presenta la parte final de dos fallas geológicas de dirección sureste – noreste. Dichas fallas no presentan mayor extensión hacia el norte y se limitan a la parte sur del cantón de Belén.

La falla geológica de la CNE se encuentra a una escala 1:50.000, es decir, es 10 veces menos precisa que el estudio realizado aquí. En las labores realizadas no se encontró evidencia directa de dicha falla, razón por la cual, la misma no se incluye como parte de este trabajo.

Se aclara que la diferencia identificada se explica por el hecho de que en este estudio se trabaja a una escala más detallada y precisa.

Finalmente, se recalca que las dos fallas geológicas identificadas califican como inactivas. Ello, en razón de que no se encontraron evidencias geomorfológicas o neotectónicas que indicaran la existencia de actividad holocénica.

2.7.1.1 Importancia práctica del tema

Nuestro país, por ser geológicamente joven, haberse formado como producto del choque de placas tectónicas, tener abundantes volcanes, un gran porcentaje del territorio montañoso y además, localizarse en una zona tropical y tener muchos ríos, presenta vulnerabilidad a muchos tipos de amenazas naturales.

Esas amenazas naturales incluyen: inundaciones (incluyendo Tsunamis en áreas costeras), sismicidad, fallas geológicas activas, licuefacción y volcanismo, principalmente.

Al momento de hacer planificación de uso del suelo, todos estos factores deben ser considerados a fin de determinar si un terreno específico tiene vulnerabilidad o no a esas amenazas naturales.

Esto, dentro de un concepto de prevención y de gestión del riesgo, establecido en la Ley Nacional de Emergencias (2003), que indica:

Gestión del riesgo: *Proceso mediante el cual se revierten las condiciones de vulnerabilidad de la población, los asentamientos humanos, la infraestructura, así como de las líneas vitales, las actividades productivas de bienes y servicios y el ambiente.*

Es un modelo sostenible y preventivo, al que se incorporan criterios efectivos de prevención y mitigación de desastres dentro de la planificación territorial, sectorial y socioeconómica, así como a la preparación, atención y recuperación ante las emergencias. (El destacado no es del original).

Para determinar si un territorio dado de nuestro país es vulnerable o no a una o varias amenazas y peligros naturales, se requiere de información técnica científica de soporte.

En la Figura 2-6 se presenta un diagrama lógico que muestra los pasos de información que son necesarios para determinar la susceptibilidad de un espacio geográfico a la presencia de una condición natural que califique como amenaza.

Como puede verse en el diagrama, para saber si un terreno dado es vulnerable a una o varias amenazas naturales (terremotos, volcanismo, inundaciones, licuefacción, ruptura en superficie por fallas geológicas activas), se requiere contestar varias preguntas sobre las condiciones particulares de ese terreno, y para ello se requiere obtener información del sitio y sus alrededores, así como regional, de diversos temas como Geología, Geomorfología, Geología Estructural (fallas, inclinación de las rocas), Hidrogeología (acuíferos), Sismicidad y Volcanismo (presencia de volcanes activos en una distancia de al menos 30 Km).

Sin esa información de base, no es posible contestar con precisión el tema de las amenazas naturales de un territorio y el desarrollo de un mapa del mismo.

Cabe destacar que esto explica la razón por lo cual los mapas de amenazas a escala 1:50.000 que produce la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), son aproximativos y no exhaustivos, es decir, que las zonas en blanco que presentan, no son zona sin amenazas naturales, son zonas donde no se dispone de información.

En razón de esto, esos mapas son una orientación, pero por su escala y falta de información, son una orientación, pero no un documento exhaustivo base para el ordenamiento territorial.

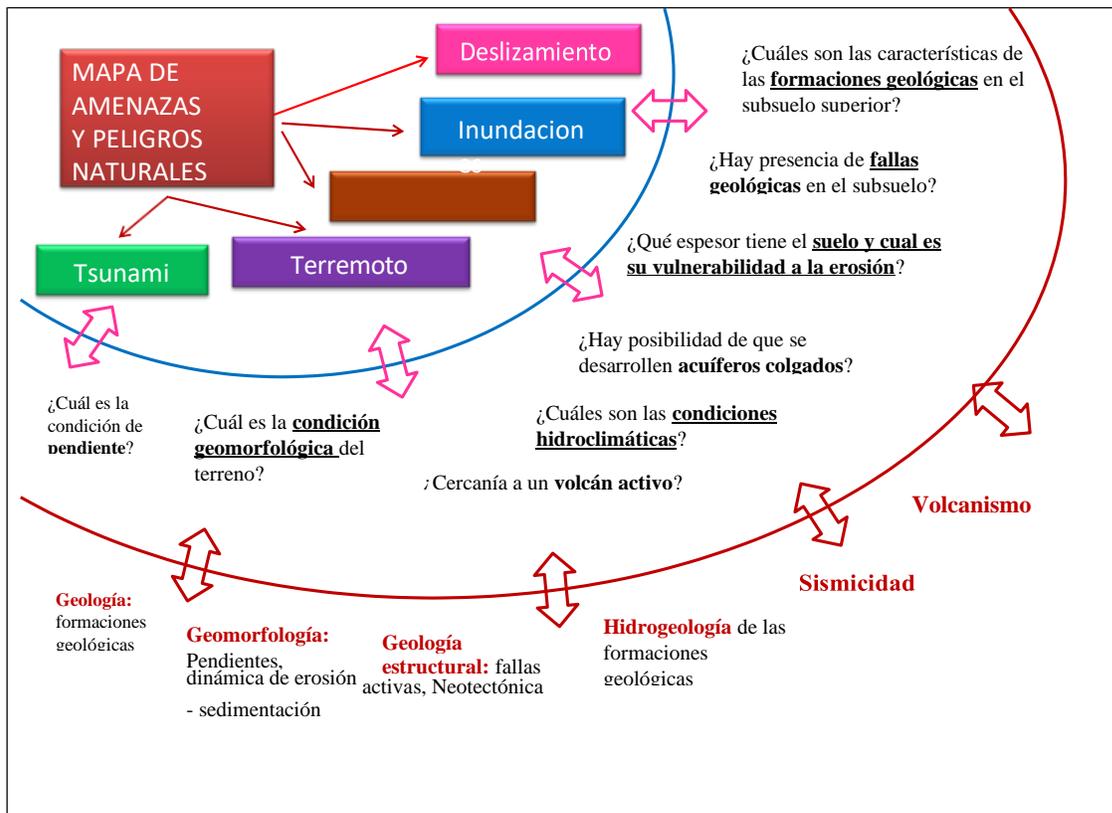


Figura 2-6 Diagrama lógico de información técnica – científica requerida para determinar si un terreno dado en nuestro país es susceptible o no a las condiciones de amenazas naturales.

Al analizar la metodología del IFA – Geoaptitud, a la luz de la información base requerida según el diagrama de la Figura 2-6 los temas previos, sobre Geología, Geomorfología, Hidrogeología y Estabilidad Ladera, y las variables que implican, se notará que aparte de aportar información específica a utilizar del tema, aportan también una importante cantidad de variables para generar mapas de amenazas naturales.

Tomando esas variables previamente levantadas, como el tipo de formaciones geológicas y su estructura (inclinación de las capas de roca, fracturación y presencia de fallas geológicas), la pendiente, las unidades geomorfológicas y los procesos de erosión y sedimentación, la presencia de acuíferos, y la estabilidad de taludes; y agregando alguna información adicional como los epicentros sísmicos registrados en la zona de estudio, la cercanía o no de un volcán activo y si se trata o no de una zona costera; es posible desarrollar mapas de amenazas naturales de tipo exhaustivo, es decir completos, de forma tal que se pueden determinar los terrenos bajo amenaza y los que no lo están.

Se producen mapas en los siguientes temas de IFA – Geoaptitud por amenazas naturales en: (a) Inundaciones (incluye Tsunamis en zonas costeras), (b) Sismicidad (incluye licuefacción y amplificación sísmica), (c) Neotectónica (fallas geológicas) y (d) Volcanismo (caída de cenizas, avalanchas, lahares, entre otros procesos).

Para cada mapa se establecen los cinco niveles acostumbrados, es decir, desde Muy Alta hasta Muy Baja Fragilidad que, en el caso de amenazas naturales, se puede traducir como susceptibilidad a ser afectado por ese tipo de amenaza natural.

La identificación de este tipo de amenazas naturales es muy importante, en particular las zonas de Alta y Muy Alta Fragilidad, a fin de limitar o condicionar el desarrollo de actividades humanas en ese tipo de territorios, en particular, aquellas actividades que impliquen la ocupación humana permanente.

2.7.2 Factor Amenaza por eventos Sísmicos y potencial de ruptura en superficie por falla geológica activa

2.7.2.1 Marco regional y conceptual

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Morales & Aguilar (1993) la amenaza sísmica corresponde con la potencial ocurrencia de un sismo destructivo, que pueda presentarse en una zona y un tiempo determinado.

Por su parte, la sismicidad es la distribución espacial y temporal de los sismos, esto es: lugar, profundidad, magnitud, hora y fecha de ocurrencia de los temblores o sismos

Es importante señalar que, al igual el resto del país, el Pacífico Central de Costa Rica, está sujeto a dos tipos de fuente sísmica principal, la primera de ellas corresponde con los sismos de originados por subducción y la segunda fuente por sismicidad intraplaca.

SISMICIDAD POR SUBDUCCIÓN

Los sismos originados por el primer mecanismo se relacionan genéticamente con la zona de subducción de placas que acontece frente a la costa pacífica de Costa Rica.

Esta zona se subdivide (de acuerdo a los autores antes citados) en dos secciones principales:

1. La zona que se extiende desde la denominada Fosa Mesoamericana, lugar donde se inicia la subducción de la Placa del Coco bajo la Placa Caribe, hasta la costa o litoral. Esta zona tiene profundidades de fuentes sísmicas que aumentan en dirección hacia la tierra, desde 5 Km. hasta los 50 Km., y con magnitudes (escala Richter) máximas esperables de hasta 7,5 grados, y que tienden a originar intensidades (escala de Mercalli) máximas de VIII al lado de la costa (excepcionalmente IX para ciertos lugares del litoral).

2. La zona que, penetrando hacia el interior del país, con profundidades entre los 50 - 100 Km., con eventos máximos esperables de magnitud (Richter) de 7,0 grados. El AP aquí analizado se localiza sobre esta zona.

Para el área del Pacífico de Costa Rica, se han definido dos zonas sísmicas principales. Denominadas por MORALES (1985), como las zonas de Papagayo, Nicoya; Quepos y Golfito.

La zona de Papagayo, abarca el área de la Península de Santa Elena, la Golfo de Papagayo y el Norte de la Península de Nicoya, cuyo límite meridional se correlaciona, groseramente, con la Discontinuidad de Bahía Tamarindo (Astorga, 1997).

Según Morales (1985), el último terremoto importante que se dio en esta zona fue el acaecido en Febrero de 1916 y que tuvo una magnitud aproximada de $M_s \geq 7,0$. Estudios de amenaza sísmica realizados para esta zona indican que existe probabilidad de que un evento de este tipo se repita en los próximos años.

Por su parte, la zona de Nicoya, se extiende desde la Discontinuidad de Bahía Tamarindo hasta el sur de la Península de Nicoya, específicamente frente al Promontorio de Herradura. MORALES (1985) delinea esta zona en función de las áreas de ruptura de los fuertes temblores de 1939 ($M_s = 7,3$) y en particular el temblor de 1959 ($M_s = 7,7$). Según este autor, esta zona no muestra un período de recurrencia estable, sino que éste oscila entre 8 y 28 años.

Otros estudios de amenaza sísmica realizados en la zona, en particular por el Observatorio Vulcanológico y Sismológico Nacional de la Universidad Nacional, han señalado que existe también una importante probabilidad de que ocurra un sismo importante en esta zona en un futuro cercano.

Desde este evento sísmico en el año 1950, la energía sísmica está acumulándose por más de 50 años en razón de la continuación del proceso de subducción de la placa de Coco abajo de la placa Caribe (9,1 cm/a), por lo cual la probabilidad de un nuevo evento sísmico de alta energía está creciendo cada año. Nishenko (1989) ha calculado una probabilidad de 93% para un evento sísmico con una magnitud por encima de 7,4 dentro de la Península de Nicoya antes del año 2009.

La zona de Quepos, se extiende desde el Promontorio de Herradura hasta el sector de Quepos y la zona de la Bahía de Coronado. En esta zona se presenta un importante acople de placas tectónicas dado que allí se subduce la Dorsal Asísmica de Cocos. El desarrollo de sismos en esta zona es frecuente.

La Zona de Golfito, por su parte, se extiende desde la Bahía de Coronado, pasando por Osa – Golfito y Burica. Además de la zona de subducción de la Dorsal Asísmica de Cocos y el fuerte acople de placas que se presenta, en el sector de Burica, se encuentra el límite de las placas de Cocos y Nazca, que representado por una falla transformante que se proyecta hacia la tierra como la Zona de Fractura de Panamá y que también es fuente de sismos de gran magnitud, y con una relativa frecuencia.

Respecto a la amenaza sísmica en general, es importante considerar que el riesgo para construcciones, relacionado con sismos de alta energía, es una función directa de las características litopetrofísicas del subsuelo.

Generalmente, unidades de suelos no litificados significan un riesgo aumentado porque pueden amplificar la aceleración provocado por un sismo de alta energía. Igualmente, la capa superficial de arenas fluviales no litificadas, que forma la parte somera del subsuelo del área dispuesta para ese fin, muestra esta característica.

Por esta razón, las recomendaciones del Código Sísmico de Costa Rica vigente deben ser respetadas **ESTRICTAMENTE** para todas las construcciones, especialmente al respecto del diseño de los cimientos y de la calidad de los materiales usados para la construcción.

SISMICIDAD DE FUENTES INTRAPLACA REGIONALES

Por su parte, los mecanismos de tipo intraplaca corresponden con las fallas geológicas activas que se pueden encontrar en los alrededores del área de estudio.

Desde una perspectiva regional, la principal fuente de sismicidad intraplaca corresponde con el Sistema de Falla Transcurrente de Costa Rica (Astorga et al., 1991).

Posiblemente, el evento sísmico más importante que se ha dado históricamente en las cercanías del área de estudio corresponde con el denominado Terremoto del Golfo de Nicoya (Red Sismológica Nacional, 1991). Este evento, cuyo epicentro se localizó 17 Km al este de Cabuya (Península de Nicoya), originado en el año 1990, tuvo una Magnitud de 7,0 (escala de Richter) y una profundidad de 17 Km.

Otras fuentes de sismicidad intraplaca que tienen relación con el área de estudio, han sido señaladas por Denyer et al. (2003).

Según los autores citados, algunas fallas locales ubicadas fuera del cantón, pero en sus cercanías, fueron reactivadas durante el enjambre de temblores de Puriscal, entre mayo y junio de 1990, donde los temblores de mayor dimensión fueron de magnitudes 4.5 y 4.8.

El denominado terremoto de Piedras Negras o de Alajuela, ocurrido el 22 de diciembre de 1990 (Magnitud 5.7), se originó en la denominada Falla del Río Virilla que también se localiza fuera del cantón de Belén, pero que produce efectos en su territorio.

Aclaración complementaria sobre el Potencial de Sismicidad Regional

El Ítem 5.7.2, inciso “a” del Anexo 1 del DE32967 – MINAE señala textualmente lo siguiente:

“a) Potencial de sismicidad regional (basado en datos de estudios sísmicos a nivel nacional o regional y del Código Sísmico de Costa Rica). (El destacado no es del original).

En este documento, de forma previa, se señalan todas las fuentes conocidas de sismicidad regional para el área de estudio. Se incluye la subducción de placas y sus diferentes segmentos, así como las fuentes de sismicidad por fuentes intraplaca regionales, particularmente las que se presentan en el Valle Central de Costa Rica.

También, se incluyen los datos del Atlas Tectónico de Costa Rica, particularmente en lo referente intensidades Mercalli máximas registradas en el Siglo XX para el país. A partir de estos datos, y lo señalado, además, por el Código Sísmico de Costa Rica (2010) se han establecido los valores de los factores para la sismicidad regional que afecta el cantón de Belén. Esos datos son mostrados con detalle en la que se presenta en este documento.

Aclaración complementaria sobre el Potencial de Sismicidad Local

El Ítem 5.7.2, inciso “a” del Anexo 1 del DE32967 – MINAE señala textualmente lo siguiente:

“b) Potencial de sismicidad local (basado en el índice de densidad sísmica considerado del registro de sismicidad instrumental e histórico para la zona del registro nacional de sismicidad)”. (El destacado no es del original).

Como se puede observar en la Figura 42 del Atlas de Mapas del Cantón de Belén referente al Mapa Neotectónico de eventos sísmicos respecto a la profundidad, la densidad de epicentros sísmicos someros, por registro instrumental es muy baja. De bajo valor significativo. A lo cual se suma el hecho de que no se presentan fallas geológicas activas en el subsuelo de la casi totalidad del cantón de Belén. Este hecho lleva a la conclusión de que, para este caso, no aplica el tema de “potencial de sismicidad local”. Esta situación ha sido debidamente incluida en la Tabla 2-18 **Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Amenaza Sísmica**

2.7.2.2 Resultados en área de estudio

VULNERABILIDAD SÍSMICA POR LITOLOGÍA

Con respecto a la amenaza sísmica se deben tomar en cuenta dos aspectos diferentes:

1. Por un lado, como ya se mencionó, la ubicación del área de estudio dentro de la unidad morfotectónica del Arco Volcánico con un alto grado de actividad sísmica, relacionado con la subducción de la placa oceánica de Cocos debajo de la placa Caribe. Esto implica un aumento del riesgo con respecto a la amenaza por eventos sísmicos de alta energía provocados por el mismo proceso de subducción. En este sentido, es importante considerar que el riesgo para construcciones, relacionado con sismos de alta energía, es una función directa de las características litopetrofísicas del suelo y el subsuelo superior. Generalmente las unidades de suelos no litificados, como en el caso de los depósitos del abanico aluvial que se presentan en las áreas centrales del área de estudio, significan un aumento del riesgo porque pueden amplificar la aceleración provocada por un sismo de alta energía (Ver Figura 48 del Atlas de Mapas Factor Amenazas Naturales: 3).
2. Por otro lado, la presencia de fallas geológicas activas en las cercanías del área de estudio que, como ya se ha mencionado, representan una fuente de riesgo sísmico o de ruptura en superficie.

En consideración de todo lo anterior, es recomendable establecer un concepto antisísmico bien elaborado para cualquier tipo de proyecto de construcción que se desee ejecutar en la zona, con el fin de garantizar la estabilidad de las construcciones a largo plazo. Como una condición mínima se debe cumplir de forma estricta todas las recomendaciones del Código Sísmico de Costa Rica, última versión, especialmente con respecto al diseño de los cimientos y de la calidad de los materiales utilizados para la construcción.

En la Figura 2-7 siguiente se presenta el Mapa de intensidades máximas en el siglo XX según el Atlas Tectónico de Costa Rica (cf. Denyer et al., 2003). Se observa que, desde el punto de vista de sismicidad regional el cantón de Belén presenta intensidades máximas de VII según la escala de Mercalli modificada. Esto corresponde con los datos del Código Sísmico de Costa Rica (suelo S3).

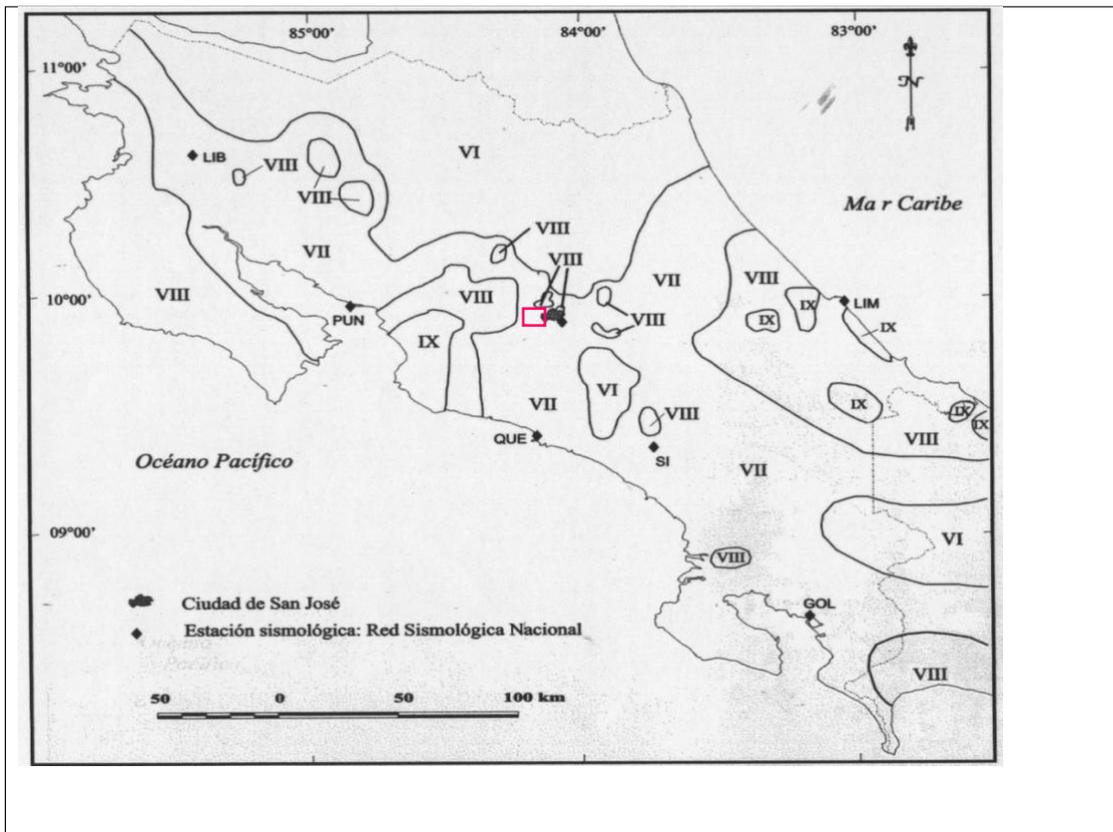


Figura 2-7 Mapa de intensidades máximas en el siglo XX, cf. Denyer et al. (2003).

El cuadro rojo corresponde, aproximadamente, con la ubicación del cantón de Belén. Como se puede ver la intensidad máxima registrada es de VII.

AMENAZA SÍSMICA POR FALLAS GEOLÓGICAS ACTIVAS O POTENCIALMENTE ACTIVAS

Tal y como se ha mencionado, al respecto de la amenaza por eventos sísmicos se deben tomar en cuenta dos aspectos específicos:

a) Dada su ubicación dentro de la unidad morfotectónica del Valle Central, el Cantón de Belén está afectado por dos principales fuentes de sismicidad regional:

(1) El proceso de subducción de la placa oceánica de Cocos debajo de la placa Caribe implica un riesgo serio para todo el país de Costa Rica. Para la unidad morfotectónica del valle Central, Morales & Aguilar (en Denyer & Kussmaul, 1994) dan un valor máximo de magnitud (cf. Escala de Richter) de 7,0 para posibles eventos sísmicos y una intensidad máxima de VII en la escala de Mercalli.

(2) El origen del Valle Central está relacionado directamente con movimientos tectónicos del Sistema de *Falla Transcurrente de Costa Rica* (compare sección 2.3.1). Según Morales & Aguilar (en Denyer & Kussmaul, 1994) este elemento estructural tiene el potencial de generar sismos con una magnitud máxima de 6,5 en la escala de Richter. Cerca del epicentro las intensidades pueden llegar a un Nivel de XIII o IX en la escala de Mercalli.

La consecuencia principal de esta amenaza sísmica, la cual está presente dentro de toda la unidad morfotectónica del Valle Central, es que todas las construcciones deben incluir un concepto antisísmico bien definido. En este sentido, el Código Sísmico de Costa Rica es una base excelente para garantizar la seguridad de las construcciones en el caso de un sismo de alta energía.

Otro aspecto importante se refiere al hecho de que el riesgo para construcciones, relacionado con sismos de alta energía, es una función directa de las características litopetrofísicas del subsuelo. Generalmente, unidades de suelos no litificados significan un riesgo aumentado porque pueden amplificar la aceleración provocada por un sismo de alta energía.

A causa de eso, las unidades estratigráficas **Cenizas Subrecientes**, representan un riesgo aumentado, por lo cual las construcciones deben ser reforzadas de forma adecuada con el fin de evitar daños severos en el caso de un sismo de alta energía.

b) El segundo aspecto de la amenaza por eventos sísmicos se refiere a fallas locales, cuyas trazas cruzan el terreno en cuestión. En el caso de un sismo, relacionado con una falla local, el peligro principal está relacionado con rupturas en la superficie, que pueden provocar daños severos en construcciones de cualquier tipo. Los estudios técnicos del Plan Regulador y del presente análisis no han encontrado ninguna prueba para la existencia de fallas geológicas en el cantón, ni con base de trabajo de campo, ni con base en interpretación de fotos aéreas.

Las observaciones anteriores fueron comprobadas en el marco del presente estudio (ver también Denyer et al. (2003). Como se mencionó previamente, dentro del Cantón de Belén no se observa ningún indicio de campo o fotogeológico que sea satisfactorio para afirmar o confirmar la existencia de fallas geológicas.

En la **Figura 38 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa IFA Geoaptitud – Potencial de Fractura en superficie.

El mapa del IFA Geoaptitud - Factor Amenaza factor Intensidad Sísmica Máxima se presenta en la **Figura 39 del Atlas de Mapas de Ambientales**.

Por su parte en la **Figura 40 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud, factor de Aceleración Sísmica de tipo de suelo.

Desde el punto de vista de eventos sísmicos en la **Figura 41 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa Neotectónico por magnitud de eventos sísmicos. Por su parte, en la **Figura 42 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el mapa Neotectónico de eventos sísmicos respecto a la profundidad.

En la **Figura 43 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud, Factor Amenaza por Eventos Sísmicos.

Para los diferentes factores se han establecido los valores con criterio de experto, según el DE 32967 y el DE 39150.

En la Tabla 2-18 siguiente se presentan el grupo de variables utilizadas para realizar el Mapa de IFA Geoaptitud Amenaza Sísmica y los diferentes valores establecidos para las mismas. Esta metodología sigue el mismo procedimiento establecido por el Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE y se ha elaborado siguiendo criterio de experto, según lo establece el Anexo 2 de dicho decreto, así como la herramienta metodológica establecida en el artículo 23 inciso c del DE 39150 y su modificación. Lo anterior, con particular referencia al potencial de sismicidad local que en la Tabla 2-18 se indica como "N.A: no aplica, dado que, como se ha indicado, los datos neotectónicos no evidencian que exista una fuente sismotectónica local en el cantón de Belén.

Tabla 2-18 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Amenaza Sísmica

code_tms	Unidad Geomorfológica	Aceleración - tipo de suelo	Aceleración class	Fracturas en Superficie	Intensidad Sísmica (Mercalli)	Intensidad Sis class	Sismicidad (Codigo Sísmico)	Sismicidad class - regional	Sismicidad local	suma	Geoaptitud - Amenaza por Sismicidad
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	2	2	NA	3	3	3	2	NA	15	3
195	Meseta Volcánica - Humedales	2	2	NA	3	3	3	2	NA	15	3
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	2	2	NA	3	3	3	2	NA	15	3
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	2	2	NA	3	3	3	2	NA	15	3
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	3	3	NA	3	3	3	2	NA	15	3
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	3	3	NA	3	3	3	2	NA	15	3
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - barrancas	2	4	NA	3	3	3	2	NA	17	3
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon-Barrancas	4	3	NA	3	3	3	2	NA	18	3
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	2	3	NA	3	3	3	2	NA	16	3
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	4	4	NA	3	3	3	2	NA	17	3
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	4	4	NA	3	3	3	2	NA	17	3

Geopt Amenaza Sísmica

muy alto	4 - 6
alto	7 - 12
moderado	13 - 18
bajo	19 - 24
muy bajo	25 - 30

Esta valoración se realizó de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental.

SÍNTESIS DE LIMITANTES Y POTENCIALIDADES TÉCNICAS POR IFA GEOAPTITUD AMENAZA POR SISMICIDAD Y FALLAMIENTO GEOLÓGICO

En la Tabla 2-19 se resumen las características de las principales unidades de susceptibilidad al fenómeno de sismicidad y fallamiento geológico, identificadas y se señalan las limitantes y potencialidades técnicas de cada una de ellas, según la condición de fragilidad ambiental por el factor IFA Geoaptitud Amenazas Naturales por sismicidad y fallamiento geológico.

Tabla 2-19 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales por Sismicidad y Fallamiento Geológico

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
Zonas de Moderada Fragilidad	<p>Terrenos de pendiente baja a moderada compuestos por rellenos de volcániclasticos o aluviales que presentan vulnerabilidad moderada a los eventos sísmicos.</p> <p>Presentan un grado moderado de susceptibilidad a la amplificación sísmica.</p>	<p>Desde el punto de vista de sismicidad estos terrenos presentan pocas limitaciones al desarrollo de actividades humanas, salvo que, en el caso de construcciones se debe respetar estrictamente lo que señala el Código Sísmico.</p>
Zonas de Baja Fragilidad	<p>Terrenos de pendiente moderada a alta compuestos por formaciones rocosas, en el subsuelo superior, que desde el punto de vista sísmico presentan un grado bajo de susceptibilidad a la amplificación sísmica.</p>	<p>Desde el punto de vista de sismicidad estos terrenos presentan muy pocas limitaciones al desarrollo de actividades humanas, salvo que, en el caso de construcciones se debe respetar estrictamente lo que señala el Código Sísmico.</p>

CALIFICACIÓN DE CERTIDUMBRE

En virtud de la información geológica, de pendientes, de modelo digital del terreno y geomorfológica obtenida según datos previamente publicados y de estudios directos de campo realizados en el área de estudio, así como de su procesado y en consideración de la escala de trabajo para la cual se efectuó el análisis de susceptibilidad a sismicidad y fallamiento geológico, se concluye que el grado de certidumbre obtenido es satisfactorio referente a las conclusiones y recomendaciones emanadas en este informe técnico.

Se aclara que los lineamientos técnicos derivados para este tema, se realizan para la escala de trabajo definida, razón por la cual, deberán complementarse con estudios técnicos más detallados para el desarrollo de diseños de proyectos más específicos.

2.7.3 Factor Amenaza por Licuefacción

En la **Figura 44 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud, Factor Amenaza por Licuefacción. Para su elaboración se ha utilizado la Tabla que señala el Anexo 2 del Decreto 32967 – MINAE. No obstante, se hace una adaptación de la misma para los depósitos aluviales recientes y para las capas de cenizas volcánicas subrecientes, considerando estas en una situación saturada de agua.

En la Tabla 2-20 se presenta el resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud – factor amenaza por licuefacción.

2.7.4 Factor Amenaza por Inundaciones

RESULTADOS EN ÁREA DE ESTUDIO

La amenaza por inundaciones juega un papel de alta consideración en el caso del Cantón de Belén en algunos sectores específicos. En la mayor parte del territorio, no es una amenaza, porque los cauces fluviales importantes como el Río Virilla y del Río Segundo corren dentro de barrancas de profundidades considerables.

Tabla 2-20 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoptitud Amenazas Naturales por Licuefacción

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
Zonas de Alta Fragilidad	Presencia de depósitos aluviales no consolidados. Espesores variables de varios metros. Sedimentos arenosos, con limos y gravas dispersas. No hay litificación y la consistencia del material es muy baja. Sedimentos saturados en agua susceptibles a licuefacción bajo condiciones de sollicitación sísmica de alta energía.	Estos terrenos tienen potencial alto para el desarrollo de bosques naturales. Las actividades agrícolas también pueden ser posibles. El desarrollo urbano requiere de la aplicación de medidas tecnológicas que evite daños durante sismos como consecuencia de amplificación sísmica y licuefacción.
Zonas de Moderada Fragilidad	Presencia de suelos de alteración de cenizas volcánicas o cortezas de meteorización de materiales volcánicos. Presencia de arcillas de meteorización hidrolítica con capacidad de retener aguas. No hay litificación y la consistencia es baja a moderada. Existe capacidad de retener agua y por ello, potencial de amplificación sísmica y cierto grado de licuefacción del terreno.	En general, son terrenos aptos para diversos tipos de actividades humanas: agricultura, ganadería o desarrollo urbano. Las edificaciones requieren de aplicar de forma estricta las recomendaciones del Código Sísmico y el Código de Cimentaciones para garantizar su estabilidad en caso de sismos de alta energía.
Zonas de Baja Fragilidad	Muy pocas limitantes técnicas respecto a la posibilidad de licuefacción. Se trata de rocas duras, litificadas y de alta a muy alta consistencia.	Alta a muy alta posibilidad de desarrollo de actividades humanas, particularmente construcciones dada la alta capacidad soportante que tienen estos terrenos.

Por lo tanto, el peligro por inundaciones predominantemente está presente dentro de los pisos de los valles fluviales de los ríos Burío-Quebrada Seca y el Río Bermúdez.

El mapa correspondiente del factor Amenaza por Inundaciones del IFA Geopotitud para el área de estudio está representado en la **Figura 45 del Atlas**.

En la Figura 2-8 se muestra un diagrama ilustrativo sobre esta zona, sus depósitos geológicos asociados que comprenden material aluvial del canal o de valle de inundación (gravas y arenas fluviales, principalmente), así como la fuente principal de su origen, que corresponde con el desarrollo de terrazas fluviales en función de los cambios en el perfil de equilibrio de los ríos originados por los cambios relativos del nivel del mar que ocurren como consecuencia de los periodos glaciáricos e interglaciáricos.

En el caso del cantón de Belén esta fenomenología se observa con claridad en el caso de los cauces de la Burío-Quebrada Seca y el Río Bermúdez.

En los casos de los ríos Segundo y Virilla, debido a que forman un cañón fluvial, dentro de rocas volcánicas de mayor dureza, la delimitación de la terraza fluvial es algo más difícil, pero por elementos geomorfológicos puede ser separada (ver Figura 15 del Atlas).

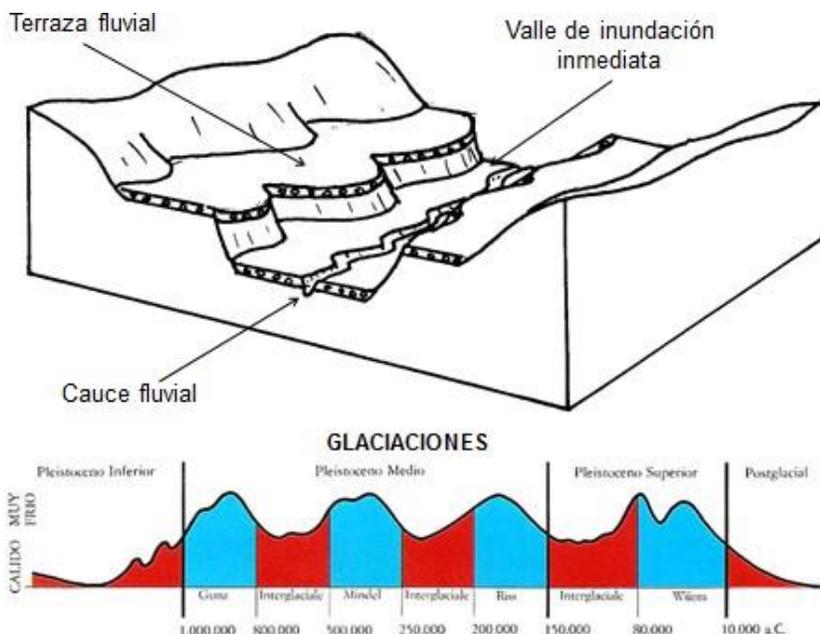


Figura 2-8 Ejemplo de un tipo de terraza fluvial que delimita el valle de inundación inmediata de un río o la zona de influencia directa de los cauces fluviales.

Se indica además un gráfico general sobre los periodos glaciáricos e interglaciáricos del Pleistoceno hasta el Reciente que son los principales causantes del sistema de terrazas fluviales en sistemas morfológicos tropicales actuales.

Se aclara, como ya se hizo antes, que este método es aproximativo, y no sustituye la realización de estudios hidrológicos detallados que se realizan en la microcuenca o cuenca a fin de determinar los periodos de máximas avenidas fluviales y sus cotas máximas de inundación.

En el caso del cantón de Belén, se detectaron 4 zonas de amenaza por inundación calificadas como de categoría de MUY ALTA.

Dichas zonas son:

Río Virilla: se presenta a lo largo del cauce del río que sirve de límite sur del cantón, e incluye la terraza artificial abierta por la explotación del tajo en Pedregal. Tiene anchos variables, con un promedio de 100 metros. En el caso de Pedregal se incluyó la totalidad de la terraza debido a la diferencia de altura que presenta respecto al espejo de agua del río.

Río Bermúdez: se trata de una zona más bien estrecha de pocas decenas de metros, asociada inmediatamente al cauce del río. En este caso, la zona susceptible a inundación coincide con el área de protección forestal que establece la Ley Forestal, aunque en casos locales puede extenderse más allá de ésta.

Burío-Quebrada Seca: esta es la zona de susceptibilidad a inundación más importante del cantón de Belén, con categoría de Muy Alta. No solo por el hecho de que, dentro de la zona en sí, se han desarrollado muchas construcciones, sino porque la zona tiene un ancho significativo de varios cientos de metros (ver Figura 45 del Atlas).

Como se describe más adelante, el resultado del estudio efectuado por el sociólogo Mario Piedra, en atención a la solicitud de la SETENA, muestra que las inundaciones de la Burío-Quebrada Seca son relativamente frecuentes y tiene el agravante de que implican un alto caudal con un fuerte poder erosivo.

Es importante señalar que la situación de muy alto riesgo en que se presentan muchas de las construcciones localizadas en esta zona de inundación fluvial, se ve incrementada por el hecho de que aguas arriba en la microcuenca de la Burío-Quebrada Seca, se han desarrollado muchas construcciones que se traducen en mayor aporte de agua superficial por impermeabilización.

Esta situación, aunado al hecho de que también se depositan residuos sólidos, lleva a la conclusión de que los problemas por inundación y erosión fluvial en esta zona van a seguir dándose con más frecuencia y con mayor poder de daño a las obras.

Río Segundo: corresponde con una zona cuya ancho varía de varias decenas de metros a cerca de 100 metros que se presenta en la margen izquierda del río y dentro del cañón del mismo. Tiene la ventaja de que se ubica dentro del área de protección forestal y que, en principio, no se presentan construcciones dentro de la misma.

Adicionalmente, en el mapa de la Figura 45 del Atlas, se observa que también se delimitó un área de Alta susceptibilidad a inundaciones, que se localiza en el sector de Quebrada Seca, dentro del mismo valle fluvial y que corresponde al sector de la segunda terraza (lecho mayor) y un pequeño tramo en el sector noreste del cantón en Río Segundo.

En el caso de la Quebrada Seca esa zona también es riesgo para las construcciones allí localizadas, debido a que puede ser sujeto de inundación durante los periodos de avenidas extremas. También aquí se presentan muchas construcciones, por lo que todas califican en condición de Alto Riesgo.

SÍNTESIS DE LIMITANTES Y POTENCIALIDADES TÉCNICAS POR IFA GEOAPTITUD AMENAZA POR INUNDACIONES

En la Tabla 2-21 Tabla 1-1 se resumen las características de las principales unidades de susceptibilidad al fenómeno de inundaciones, identificadas y se señalan las limitantes y potencialidades técnicas de cada una de ellas, según la condición de fragilidad ambiental por el factor IFA Geopotitud Amenazas Naturales por inundaciones.

Tabla 2-21 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales por Inundaciones

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
Zonas de Muy Alta Fragilidad	<p>Terrenos que presentan condiciones de muy alta amenaza a inundaciones fluviales y el paso de flujos turbulentos. Alta amenaza a condiciones de licuefacción.</p> <p>Amenaza volcánica moderada asociada a la caída de cenizas volcánicas en caso de actividad.</p> <p>Amenaza sísmica moderada.</p>	<p>Se presentan muy limitadas posibilidades de ocupación humana para construcciones debido a la condición de riesgo. Las actividades agrícolas se pueden desarrollar siempre que se reconozca la condición de riesgo existente. Posibilidad de desarrollar actividades de extracción de agregados para la construcción en el cauce de los ríos siempre que exista reservas suficientes.</p>
Zonas de Alta Fragilidad	<p>Zonas propensas a la inundación fluvial por anegamiento en caso de crecidas extraordinarias de los ríos. Amenaza alta a la licuefacción. Amenaza volcánica moderada asociada a la caída de cenizas volcánicas en caso de actividad.</p> <p>Amenaza sísmica moderada.</p>	<p>Se presentan limitadas posibilidades de ocupación humana para construcciones debido a la condición de riesgo, aunque sería posible en ciertas áreas bajo aplicación de medidas tecnológicas. Las actividades agrícolas se pueden desarrollar siempre que se reconozca la condición de riesgo existente. Posibilidad de desarrollar actividades de extracción de agregados para la construcción en el cauce de los ríos siempre que exista reservas suficientes.</p>
Zonas de Moderada Fragilidad	<p>Amenaza sísmica moderada. Amenaza moderada a la licuefacción o la amplificación sísmica. Amenaza volcánica moderada asociada a la caída de cenizas volcánicas en caso de actividad.</p>	<p>Alta a muy alta posibilidad de desarrollo de actividades humanas, particularmente construcciones dada la alta capacidad soportante que tienen estos terrenos. También se trata de terrenos aptos para el desarrollo de actividades agrícolas y agropecuarias, así como el desarrollo de bosques.</p>

CALIFICACIÓN DE CERTIDUMBRE

Siguiendo la metodología señalada previamente y adaptada del Decreto Ejecutivo No. 32967 - MINAE, en la Tabla 2-22 se presenta la respectiva base de calificación de certidumbre. Se señalan los criterios utilizados y su respectiva calificación, con lo que se deriva una certidumbre de tipo moderado.

Se aclara que los lineamientos técnicos derivados para este tema se realizan para la escala de trabajo definida, razón por la cual, deberán complementarse con estudios técnicos más detallados para el desarrollo de diseños de proyectos más específicos.

Tabla 2-22 Calificación de la certidumbre sobre los factores de IFA Geoaptitud Inundaciones

Valores →	Muy Alto	Alto	Moderad o	Bajo	Muy Bajo
Criterios y sus pesos ↓	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
Registro histórico de avenidas fluviales (5)			15		
Presencia de corrientes fluviales capaces de producir inundación fluvial (5)			15		
Condiciones topográficas (relieve) (5)		20			
Sumatoria:		50			
Rangos de calificación:	60 – 85	45 - 60	30 – 45	15 - 30	0 - 15

Fuente: Modificado del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE.

2.7.5 Factor Amenaza por Tsunamis

En la **Figura 46 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud, Amenaza por Tsunamis. Como es lógico, dada la altura que presenta el cantón de Belén, respecto al nivel del mar, la amenaza es muy baja.

2.7.6 Factor Amenaza por Actividad Volcánica

A causa de su ubicación en la cercanía del cinturón de volcanes activos de la Cordillera Central, la amenaza por erupciones volcánicas es de cierta consideración para el Cantón de Belén.

La amplia distribución de cenizas Subrecientes dentro de áreas extensas del Cantón de Belén indica que esta área fue afectada frecuentemente por erupciones volcánicas durante los últimos miles de años.

En la **Figura 47 del Atlas de Mapas** se presenta el mapa de IFA Geoaptitud factor Amenaza Volcánica.

La última fase de erupciones fuertes del Volcán Irazú ocurrió en los años 1962 a 1965, cuando una gran parte del Valle Central fue afectado por la caída de cenizas.

Posibles efectos negativos incluyen por ejemplo la destrucción de cultivos y vegetación, el colapso de techos por razón del peso de la capa de ceniza o la irritación grave del sistema respiratorio de humano, así como de animales (ver, por ejemplo: Paniagua & Kussmaul, 1990).

En la Tabla 2-23 se resumen las características de las principales unidades de susceptibilidad al fenómeno de amenaza volcánica, identificadas y se señalan las limitantes y potencialidades técnicas de cada una de ellas, según la condición de fragilidad ambiental por el factor IFA Geoaptitud Amenazas Naturales por volcanismo.

Tabla 2-23 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoptitud Amenaza Volcánica

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
Zonas de Moderada Fragilidad	<p>Corresponde con todo el territorio del cantón de Belén que dada su distancia a los centros de emisión presentan una condición de fragilidad moderada a la amenaza volcánica.</p> <p>Debido a que la principal limitante se refiere a la eventual caída de ceniza volcánica, es recomendable que los techos de las construcciones tengan pendientes mayores al 20 %.</p>	<p>Debido a la condición de moderada fragilidad a la amenaza volcánica estos terrenos presentan muy pocas limitantes al desarrollo de actividades humanas.</p>

2.7.6.1 Calificación de certidumbre

En virtud de la información geológica, de pendientes, de modelo digital del terrenos y geomorfológica obtenida según datos previamente publicados y de estudios directos de campo y otras investigaciones de carácter regional, realizados en el área de estudio, así como de su procesado y en consideración de la escala de trabajo para la cual se efectuó el análisis de susceptibilidad a la amenaza volcánica, se concluye que el grado de certidumbre obtenido es satisfactorio referente a las conclusiones y recomendaciones emanadas en este informe técnico

Se aclara que los lineamientos técnicos derivados para este tema se realizan para la escala de trabajo definida, razón por la cual, deberán complementarse con estudios técnicos más detallados para el desarrollo de diseños de proyectos más específicos.

2.8 Mapa del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) – Geoaptitud Amenazas Naturales

En el tema de esta amenaza natural y de otras consideradas por la metodología del DE 32967 – MINAE, en la Tabla 2-24 siguiente se presentan los factores considerados según dicha herramienta técnica.

Por su parte, la calificación de las diferentes fuentes de amenaza, para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales, se presenta en la Tabla 2-25.

Tabla 2-24 Factores para confeccionar el Mapa de IFA – Amenazas Naturales

Factores	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Potencial de sismicidad regional	> IX	VIII – IX	VII – VIII	VI – VII	V - VI
Potencial de sismicidad local (Índice de Sismicidad)	Muy Alto (> 10)	Alto (8 – 10)	Moderado (6 – 8)	Bajo (4 – 6)	Muy Bajo (< 4)
Potencial de licuefacción del terreno (ver Tabla 1-Geoaptitud, adjunta)	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo

Factores	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Potencial de fractura en superficie por falla geológica activa	Zona de deformación de Falla Geológica Activa Sobre la traza de una Falla Geológica activa	0 – 50 m al lado de una zona de deformación de un Falla Geológica Activa 0 – 15 metros de la traza de una falla geológica activa	50 – 100 al lado de una zona de deformación de una Falla Geológica Activa 15 – 30 m de la traza de la una falla geológica activa	100 – 200 m al lado de una zona de deformación de una Falla Geológica Activa 30 – 50 m de la traza de una falla geológica activa	> 200 m al lado de una zona de deformación de una Falla Geológica Activa > 50 m de la traza de una falla geológica activa
Amenaza Volcánica	Dentro del radio de 3 Km del centro de emisión volcánica activa A menos de 50 metros de cauces de movilización potencial de flujos volcánicos dentro del radio de 3 Km de un centro de emisión volcánico activo	Dentro de un radio de 3 a 5 Km del centro de emisión volcánica activa A menos de 50 metros de cauces de movilización potencial de flujos volcánicos dentro del radio de 3 - 5 Km de un centro de emisión volcánico activo	Dentro de un radio de 5 a 10 Km del centro de emisión volcánica activa A menos de 50 metros de cauces de movilización potencial de flujos volcánicos dentro del radio de 5 – 10 Km de un centro de emisión volcánico activo	Dentro de un radio de 10 a 20 Km del centro de emisión volcánica activa A menos de 50 metros de cauces de movilización potencial de flujos volcánicos dentro del radio de 10 – 20 Km de un centro de emisión volcánico activo	Dentro de un radio de 20 – 30 Km del centro de emisión volcánica activa A menos de 50 metros de cauces de movilización potencial de flujos volcánicos dentro del radio de 20 a 30 Km de un centro de emisión volcánico activo

Factores	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Potencial de afectación por Tsunami en zonas costeras	Muy Alto Frente al mar abierto en una zona de bahía o de canal estuarino entre 0 y 2 msnm	Alto Frente al mar abierto en una zona de bahía o de canal estuarino entre 2 y 5 msnm	Moderado Frente al mar abierto en una zona de bahía o de canal estuarino entre 5 y 10 msnm	Bajo Frente al mar abierto en una zona de bahía o de canal estuarino entre 10 y 20 msnm	Muy Bajo Frente al mar abierto en una zona de bahía o de canal estuarino > 20 msnm
Potencial de Inundación (ver Tabla 2 – Geoaptitud, adjunta)	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Potencial de sismicidad regional	> IX	VIII – IX	VII – VIII	VI – VII	V - VI

Fuente: elaboración propia.

En la **Figura 48 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud, Factor Amenazas Naturales, el cual integra el conjunto de amenazas naturales de categoría de alta y muy alta amenaza.

Es importante indicar que las construcciones localizadas sobre estas zonas, automáticamente, adquieren una condición de alto y muy alto riesgo. Estas zonas requieren el establecimiento de planes de emergencia y de educación ambiental de Gestión Preventiva del Riesgo de las personas y las comunidades en condiciones de riesgo.

Por su parte en la **Figura 49 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales Integrado.

Para los diferentes factores se han establecido los valores con criterio de experto según lo establecido en la Introducción del Anexo 2 del DE 32967 – MINAE, así como la herramienta de flexibilidad metodológica establecida en el artículo 23, inciso c del DE 39150 y su modificación.

Tabla 2-25 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Amenazas Naturales

TMS	Unidad Geomorfológica	Amenaza Inundación	Amenaza Act. Volcanica	Amenaza Sismica	Amenaza Liquefacción	Amenaza Tsunami	Suma	Geoaptitud - Amenazas Naturales
195	Meseta Volcánica - Humedales	1	3	3	3	5	15	1
1802	Meseta Volcánica – Cenizas (sub) recientes - relieve moderado	3	3	3	3	5	17	3
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub) recientes - relieve bajo	2	3	3	3	5	16	2
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub) recientes - relieve bajo	3	3	3	3	5	17	3
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	2	3	3	3	5	16	3
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	3	3	3	3	5	17	3
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	3	3	3	3	5	17	3
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	1	3	3	4	5	16	1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	2	3	3	4	5	17	3

TMS	Unidad Geomorfológica	Amenaza Inundación	Amenaza Act. Volcanica	Amenaza Sismica	Amenaza Liquefacción	Amenaza Tsunami	Suma	Geoptitud - Amenazas Naturales
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	3	3	3	4	5	18	3
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañón- Barrancas	2	3	3	4	5	17	2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	2	3	3	3	5	16	2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	3	3	3	3	5	17	3
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	2	3	3	3	5	16	2
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	3	3	3	3	5	17	3
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	1	3	3	4	5	16	1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	2	3	3	4	5	17	2

TMS	Unidad Geomorfológica	Amenaza Inundación	Amenaza Act. Volcanica	Amenaza Sísmica	Amenaza Liquefacción	Amenaza Tsunami	Suma	Geoaptitud - Amenazas Naturales
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	1	3	3	2	5	14	1
110	Meseta Volcánica – Áreas de sedimentación fluvial	2	3	3	2	5	15	2
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	3	3	3	2	5	16	3

Geoapt Amenaza Sísmica

muy alto	5 - 8
alto	9 - 13
moderado	14 - 18
bajo	19 - 23
muy bajo	24 - 25

Esta valoración se realiza de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental.

2.9 Mapa del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) – Geoaptitud

2.9.1 Importancia práctica

Las variables y las limitantes técnicas identificadas en los diversos mapas de IFA – Geoaptitud, se suman para generar un mapa denominado de IFA – Geoaptitud integrado. Este mapa también se presenta con cinco niveles de muy alta a muy baja fragilidad por Geoaptitud.

Se elaboraron los diferentes factores de geoaptitud, con sus respectivas tablas de variables y de calificación de las mismas. Es así como se elaboró el mapa de IFA Geoaptitud integrado (**Figura 50 del Atlas de Mapas Ambientales**), obtenido por la suma algebraica simple de los cinco factores de geoaptitud, incluyendo sus variables y la calificación establecida.

En la Tabla 2-26 siguiente se presentan todas las variables y sus valores, consideradas en el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Integrado. Obsérvese que el mismo se deriva de los mapas de IFA de los diferentes factores de Litopetrofísica, Geodinámica Externa, Hidrogeología, Estabilidad de Ladera (deslizamientos) y Amenazas Naturales. Esto, en cumplimiento del procedimiento técnico de los anexos 1 y 2 del Decreto Ejecutivo 32967 – MINAE.

La identificación de esta condición es de gran importancia para estudios particulares, como por ejemplo la ubicación de áreas para el desarrollo de actividades de alto impacto en zonas planificadas para el desarrollo de actividades humanas. Actividades de alto impacto o de alta importancia ambiental, como industrias químicas, rellenos sanitarios, complejos industriales o incluso terrenos para el desarrollo de construcciones de gran envergadura, ya sea de infraestructura como represas, embalses, plantas de energía, o de otro tipo, como aquellos que van a albergar una población significativa, como hospitales, centros comerciales, etc. Para todos estos casos se seleccionan, preferentemente, áreas de presenten condiciones de IFA – Geoaptitud Baja a Muy Baja.

Cuando en el territorio de un cantón se presentan zonas de ese tipo, es posible saber si existe el potencial para la localización de proyectos de ese tipo en el futuro. Esto es importante, dado que hay cantones que, por su extensión y condiciones de fragilidad ambiental, particularmente en la Gran Área Metropolitana que no tienen terrenos de este tipo, lo cual también es importante de considerar a la hora de realizar el plan regulador.

Tabla 2-26 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Geoaptitud Integrado

TMS	Unidad Geomorfológica	Litopetrofísica	Geodinámica Externa	Hidro geología	Estabilidad de Laderas	Amenazas Naturales	Suma	IFA Geoaptitud
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	2	2	2	3	1	10	1
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	2	2	2	3	2	11	2
110	Meseta Volcánica - Áreas de sedimentación fluvial	2	3	2	3	3	13	2
195	Meseta Volcánica - Humedales	2	3	2	4	1	12	1
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	2	2	2	2	3	11	2
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	2	2	2	4	2	12	2
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	2	3	2	4	3	14	3

<i>TMS</i>	<i>Unidad Geomorfológica</i>	<i>Litopetrofísica</i>	<i>Geodinámica Externa</i>	<i>Hidro geología</i>	<i>Estabilidad de Laderas</i>	<i>Amenazas Naturales</i>	<i>Suma</i>	<i>IFA Geoaptitud</i>
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve moderado	3	2	1	2	3	11	2
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - relieve bajo	3	3	1	3	3	13	2
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	4	1	1	1	1	8	1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermúdez - Barrancas	4	1	1	1	3	10	1
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	4	1	1	1	2	9	1
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	3	2	2	2	2	11	2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	3	2	2	2	3	12	2
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	2	2	2	4	2	12	2

TMS	Unidad Geomorfológica	Litopetrofísica	Geodinámica Externa	Hidro geología	Estabilidad de Laderas	Amenazas Naturales	Suma	IFA Geoptitud
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	2	3	2	4	3	14	3
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	4	1	2	1	1	9	1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - Barrancas	4	1	2	1	2	10	

Geopt Amenaza Sísmica

muy alto	5 - 8
alto	9 - 13
moderado	14 - 18
bajo	19 - 23
muy bajo	24 - 25

Esta valoración se realiza de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental.

2.9.2 Resultados en el área de estudio

En la **Figura 50 del Atlas de Mapas** se presenta el mapa de IFA Geoaptitud Integrada para el área del proyecto. El mismo representa la sumatoria de los cinco factores del IFA Geoaptitud antes presentados.

Todos los detalles técnicos, así como las recomendaciones para el uso sostenible de la tierra son presentados en la. Tabla 2-27, que representa una síntesis de los 5 factores de geoaptitud analizados previamente.

Para los diferentes factores se han establecido los valores con criterio de experto, según el DE 32967 y el DE 39150.

Tabla 2-27 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Geoaptitud

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
Zonas de Muy Alta Fragilidad	<p>El suelo y el subsuelo superior de estos terrenos presentan limitadas condiciones de geoaptitud litopetrofísica (excepto el piso del tajo Pedregal). Se trata de materiales blandos, de baja consistencia. Procesos geodinámicos externos altos a muy altos, con predominancia de procesos erosivos. Alta a muy alta fragilidad por Geoaptitud Hidrogeológica con susceptibilidad a la contaminación. Algunos sectores de estos terrenos presentan pendientes muy pronunciadas susceptibles a deslizamientos. Alta a muy alta amenaza a inundación y erosión fluvial por el paso de flujos. Amenaza sísmica moderada. En algunos sectores de terrenos de baja Geoaptitud litopetrofísica se presenta susceptibilidad a la licuefacción. Amenaza volcánica moderada.</p>	<p>Dadas las limitantes técnicas que se presentan el potencial para el desarrollo de construcciones es bajo. Aquellas que se realicen requeriría estudios técnicos de detallados que determinen las medidas tecnológicas apropiadas para superar las limitantes. Son terrenos aptos para el desarrollo de bosques y programas de reforestación. Las actividades agrícolas podrían desarrollarse en las zonas de menor pendiente siempre y cuando se consideren los factores de riesgo. Posibilidad de desarrollo de actividades mineras para extracción de agregados para la construcción en sitios con capacidad geológica – minera.</p>
Zonas de Alta Fragilidad	<p>El suelo y el subsuelo superior de estos terrenos presentan moderadas condiciones de geoaptitud litopetrofísica. Se trata de materiales blandos, de baja a moderada consistencia, o de lavas volcánicas fracturadas. Procesos geodinámicos externos altos, con predominancia de procesos erosivos. Alta a muy alta fragilidad por Geoaptitud Hidrogeológica con susceptibilidad a la contaminación. Algunos sectores de estos terrenos presentan pendientes pronunciadas susceptibles a deslizamientos.</p>	<p>Existe potencial para el desarrollo de construcciones siempre que se consideren las limitantes técnicas, particularmente la susceptibilidad a deslizamientos. Aquellas que se realicen requeriría estudios técnicos de detallados que determinen las medidas tecnológicas apropiadas para superar las limitantes. Son terrenos aptos para el desarrollo de bosques y programas de reforestación. Las actividades agrícolas y agropecuarias podrían desarrollarse. Posibilidad de desarrollo de actividades mineras para extracción de agregados para la construcción en sitios con capacidad geológica – minera.</p>

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
	<p>Alta amenaza a inundación y erosión fluvial por el paso de flujos en las áreas cercanas a los cauces.</p> <p>Amenaza sísmica moderada.</p> <p>En algunos sectores de terrenos de baja Geoaptitud litopetrofísica se presenta susceptibilidad a la licuefacción.</p> <p>Amenaza volcánica moderada.</p>	
<p>Zonas de Moderada Fragilidad</p>	<p>El suelo y el subsuelo superior de estos terrenos presentan moderadas a bajas condiciones de geoaptitud litopetrofísica. Se trata de materiales blandos, conformados por cenizas volcánicas de baja cohesión.</p> <p>Procesos geodinámicos externos moderados, con predominancia de procesos de sedimentación.</p> <p>Alta fragilidad por Geoaptitud Hidrogeológica con susceptibilidad a la contaminación. Se trata de áreas de infiltración y recarga acuífera.</p> <p>Muy baja amenaza a inundación y erosión fluvial por el paso de flujos en las áreas cercanas a los cauces.</p> <p>Amenaza sísmica moderada.</p> <p>En algunos sectores de terrenos de baja Geoaptitud litopetrofísica se presenta susceptibilidad a la licuefacción o la amplificación sísmica.</p> <p>Amenaza volcánica moderada.</p>	<p>Existe potencial para el desarrollo de construcciones siempre que se consideren las pocas limitantes técnicas, particularmente la capacidad soportante en cumplimiento al Código de Cimentaciones. Sobre esta consideración es posible el desarrollo urbano vertical.</p> <p>Además del desarrollo residencial, son posibles otros usos del suelo como el industrial de alto impacto, siempre que se consideren medidas tecnológicas.</p> <p>Son terrenos aptos para el desarrollo de bosques y programas de reforestación.</p> <p>Las actividades agrícolas y agropecuarias podrían desarrollarse.</p> <p>Posibilidad de desarrollo de actividades mineras para extracción de agregados para la construcción en sitios con capacidad geológica – minera.</p>

Fuente: Datos propios.

De la observación de los mapas de IFA Geoaptitud Integrada, se concluye que en la región de estudio prácticamente no se presentan zonas de muy buena geoaptitud (según la escala 1:5,000 del trabajo).

No obstante, el hecho de que la mayoría del terreno de cantón de Belén presenta condiciones de IFA Geoaptitud de moderada implica que tienen un buen potencial para el desarrollo de actividades humanas.

3 Índice de Fragilidad Ambiental (IFA): Bioaptitud

3.1 Introducción

3.1.1 Marco teórico

En el campo aplicado del ordenamiento y planificación del uso del suelo, y de conformidad con lo que establece el Decreto Ejecutivo No. 32967, los aspectos biológicos no implican el inventario detallado de especies presentes en el territorio en estudio. Este tipo de trabajo se deja para los estudios técnicos específicos a realizar como parte de las evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos específicos que se vayan a desarrollar en el futuro.

El objetivo primordial de la metodología es que se identifiquen y clasifiquen los principales factores biológicos a considerar para el ordenamiento de uso del suelo y en particular que se puedan disponer sobre los mapas del área de estudio.

En virtud de lo anterior, la metodología hace énfasis especial en que se identifiquen los diversos usos actuales del suelo, que permitan separar los tipos de cobertura vegetal presentes. La metodología señalada en el Decreto antes citado, indica la clasificación de coberturas que debe hacerse y, además, la calificación de fragilidad ambiental que debe tener cada uno de los tipos de cobertura identificados. Así, por ejemplo, los bosques primarios califican como espacios geográficos de Muy Alta Fragilidad Ambiental, mientras que los bosques secundarios, como de Alta Fragilidad.

Además de anterior, se deben identificar las áreas silvestres protegidas que estén oficialmente definidas para el territorio en análisis, así como otros datos oficiales disponibles y aportados por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), como, por ejemplo, la presencia de Corredores Biológicos y de Unidades Fitogeográficas o vacíos de conservación, establecidos como producto de los estudios de GRUAS II.

En lo que sigue se presenta el avance el resultado de la aplicación de la metodología para la generación de mapas de uso actual del suelo, con énfasis en las coberturas vegetales, a partir de los cuales se construye el mapa de IFA – Bioaptitud del Cantón de Belén (Ver mapa 59 del Atlas).

3.1.2 Alcance práctico del IFA Bioaptitud

La base para la elaboración del mapa de aspectos biológicos en la metodología, comprende un mapa de uso del suelo actual.

Este mapa se confecciona con la interpretación de fotografías aéreas (las recientes y las de mejor detalle que se tengan disponibles), así como verificación de campo.

Su objetivo es hacer un mapa de los diferentes tipos de ocupación u usos del suelo que tiene el área de estudio. Se divide en tres grandes partes, los usos del suelo urbanos, los agrícolas o agropecuarios y las coberturas boscosas y vegetales en general.

Los tipos urbanos, agrícolas y agropecuarios, se utilizan en el mapa de IFA Antropoaptitud. Las coberturas boscosas o vegetales, que incluyen bosques naturales o secundarios, potreros arbolados, páramos, humedales, manglares y otros, se califican como diversos tipos de usos biológicos del territorio. De esta manera el mapa de uso del suelo, se puede interpretar desde el punto de vista biológico, como un mapa de ecosistemas o bien de biotopos.

Como parte de este mapa se consideran otro tipo de datos biológicos generales como la zona biológica donde se ubica el área de estudio, la presencia de áreas silvestres protegidas y la presencia o no de un corredor biológico en el territorio en análisis.

Es importante indicar que la metodología no incluye la realización de un inventario sistemático de flora y fauna de los diferentes tipos de biotopos identificados. Esto sería lo ideal, pero haría que la aplicación de la metodología se incrementara mucho en tiempo de elaboración y también en costo.

Además, este faltante se resuelve de otra manera, y es señalando el requerimiento que se hagan estudios biológicos detallados en el caso de que se fuesen a ejecutar proyectos en zonas de biotopos sensibles, de manera que en la evaluación de impacto ambiental, se considera el detalle.

No se debe perder de vista que la metodología de IFA tiene como objetivo fundamental generar un mapa de zonas ambientales y en especial, sus limitantes y potencialidades técnicas, para servir de base fundamental para zonificar usos del suelo en un Plan de Ordenamiento del Territorio.

El solo hecho que se identifiquen zonas de bosques y corredores biológicos debería servir para promover su conservación y manejo sostenible, tal y como lo establece la ley, y orientar el desarrollo más intenso hacia otros sectores.

Una vez que se tiene la información de uso del suelo, se debe proceder con la elaboración de los mapas de IFA – Bioaptitud. Para ello, se utilizan una serie de parámetros establecidos en la metodología que incluyen: a) tipo de cobertura boscosa, b) categorías de manejo (de áreas protegidas), y c) corredores biológicos y conectividad.

La calificación de fragilidad ambiental de cada uno de estos factores, se hace cumpliendo lo que establece la Ley de Biodiversidad (1998), en su artículo 52, que indica:

ARTÍCULO 52.- Ordenamiento territorial

*Los planes o las autorizaciones de uso y aprovechamiento de recursos minerales, suelo, flora, fauna, agua y otros recursos naturales, así como la ubicación de asentamientos humanos y de desarrollos industriales y agrícolas emitidos por cualquier ente público, sea del Gobierno central, las instituciones autónomas o los municipios, **considerarán particularmente en su elaboración, aprobación e implementación, la conservación de la biodiversidad y su empleo sostenible, en especial cuando se trate de planes o permisos que afecten la biodiversidad de las áreas silvestres protegidas.** (El destacado no es del original).*

De esa manera los terrenos cubiertos con bosques primarios, humedales, manglares y áreas de protección, así como áreas de corredores biológicos califican como de MUY ALTA fragilidad ambiental, en el espíritu de proteger los ecosistemas y su biodiversidad y de regular sus usos con esa prioridad.

La comparación del mapa de uso del suelo, con perspectiva biológica, es decir el mapa de biotopos del mapa de IFA – Bioaptitud, con respecto al mapa de capacidad de uso de la tierra elaborado para el IFA – Edafoaptitud, permite identificar un índice secundario muy importante, designado como “Índice de Pérdida de Bosque”, que es una relación simple entre la cantidad de bosque mínimo que debería tener un territorio, en consideración de sus terrenos de aptitud forestal, respecto a lo que tiene en la actualidad. Cuando se hace este análisis para cantones o territorios en especial, se encuentran resultados muy importantes.

En la fotografía de la Figura 3-1 se observa un buen ejemplo de lo antes indicado. Se refiere a un lugar en el sur del Valle Central. Se trata de una zona de alta pendiente, de aptitud forestal, donde el bosque, fue eliminado para poner pastos.

Con los años el suelo se degrada y erosiona, lo que lleva a un fenómeno conocido como desertificación. También se le ha llamado como “lomo de perro sarnoso”, como una forma de llamar la atención.

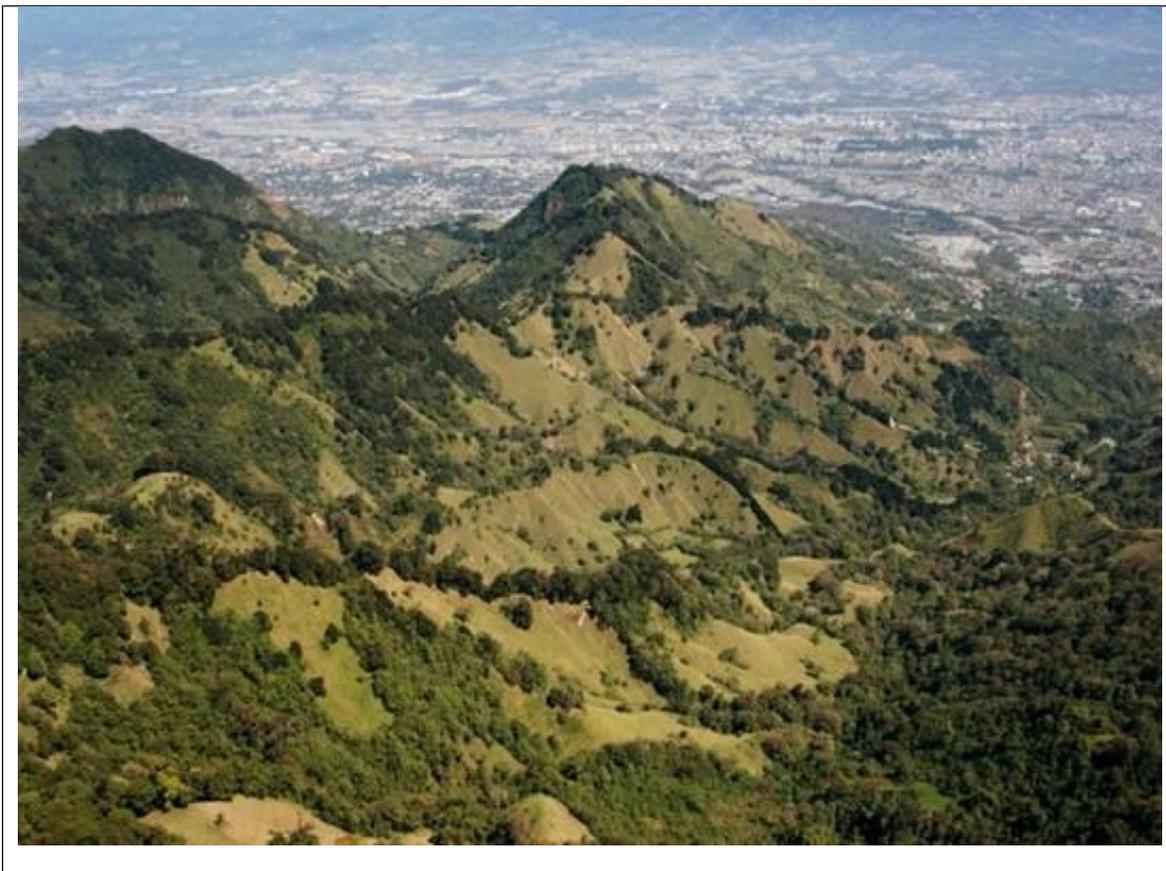


Figura 3-1 Fotografía que muestra el denominado efecto de “lomo de perro sarnoso”.

Se trata de laderas de alta pendiente, de aptitud forestal, pero sin bosque, lo que provoca degradación ambiental.

3.2 Metodología para la clasificación de uso del suelo para Bioaptitud

3.2.1 Introducción

La fotointerpretación y el uso de sistemas de información geográfico han venido a revolucionar las técnicas de mapeo de los distintos ecosistemas y se han convertido en herramientas básicas para la planificación, la investigación y la conservación en el país.

Con la fotointerpretación damos el primer paso en cuanto a la clasificación del uso de suelo mediante de la identificación de algunos elementos característicos como son: las formas (carreteras, ríos), los tamaños (edificios, árboles), los patrones (arroz, café, coníferas, bosques), las sombras (debido al ángulo del sol) y el tono o color (reflejo que caracteriza a un objeto, edificios, piscinas, lagunas).

Para la vegetación partimos del supuesto que la resolución de la foto nos permite identificar árboles, arbustos y hiervas y que la combinación entre estos elementos, la dispersión en un área determinada junto con los elementos anteriormente mencionados y característicos de las fotografías aéreas (formas, patrones, tamaños etc.) permiten realizar una interpretación de la vegetación y que da como resultado un mapa inicial de polígonos y sus clases, en determinada escala (generalmente trabajamos 1:25.000 y 1:10.000, según las necesidades del proyecto).

Igualmente se trabaja para agrícolas, donde principalmente se distinguen formas y patrones, que mediante el trabajo de campo se ha logrado asociar a ciertos tipos de actividad (Cultivos anuales, permanentes, zonas de pastoreo, etc.).

En las zonas urbanas o que tienen algún tipo de infraestructura partimos del hecho que ciertos colores y formas representan casas, edificios, carreteras, parques urbanos, áreas de recreo, industria, etc. y su densidad por área; permitiendo realizar una clasificación de estas zonas.

Según las características que representa la zona se le asigna un número, que se encuentra asociado a una categoría de uso como se observa en la Tabla 3-1.

Paralelamente a la foto interpretación se trabaja en la recolección de mapas, literatura y en algunos casos fotos aéreas de otras épocas, que nos permitan identificar con más claridad el tipo de cobertura.

Mediante la literatura existente se hace una descripción breve del tipo de vegetación y fauna natural características del área.

Seguidamente mediante una visita de campo se toman puntos de control para verificar los datos obtenidos mediante la fotointerpretación y se comprueba el uso actual del suelo, en aquellas partes donde existe duda.

Durante esta visita se trata de hacer entrevistas a algunos actores locales para conocer un poco mejor las características de la zona.

Por ejemplo, ellos nos pueden dar información aproximada de hace cuanto una determinada área de bosque no ha sido intervenida o que problemas ambientales pueden identificar y les aquejan en su comunidad.

Una vez obtenidos todos estos datos se cruzan para ajustar el mapa inicial con los datos de campo.

Es importante aclarar que la metodología de los IFA establece que se identifiquen los diferentes biotopos y tipos de coberturas vegetales presentes en el área de estudio, no así el análisis individualizado (biológico) de esos biotopos. Ello en razón de que con dicha información se tiene la información suficiente para realizar planificación territorial. La caracterización detallada de biotopos en caso de requerirse, se realiza por medio de la evaluación de impacto ambiental de proyectos individuales.

3.3 Categorías del Uso del Suelo

En lo que sigue se explica, con ejemplos visuales, la forma en que se identifican los diferentes usos del suelo, por fotointerpretación de imágenes digitales.

Es importante aclarar que dado de que se trata de una explicación general, algunos de los ejemplos que se muestran no se ajustan necesariamente a los tipos de usos del suelo que se han identificado en el Cantón de Belén.

Tabla 3-1 Códigos genéricos de la metodología IFA asignados según la categoría del uso de suelo para los mapas de índices de fragilidad ambiental realizados en distintas zonas del país.

Código	USO ACTUAL
11	Zona Urbana (ZU)- densidad alta
12	ZU- densidad moderada
13	ZU- densidad baja
14	ZU- áreas verdes
15	Industria
16	Tajos importantes
21	Cultivos anuales
22	Cultivos permanentes
23	Finca de Café
24	Cultivos anuales/permanentes
25	Uso mixto: cultivos anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos
26	Invernaderos
31	Pastos
32	Pastos con árboles dispersos (menor densidad de árboles)
33	Pastos mezclados con árboles (mayor densidad de árboles)
41	Bosques primarios
42	Bosques secundarios
43	Bosques secundarios fragmentados/degenerados
44	Charales
49	Plantaciones de coníferas
50	Costa
52	Manglar
53	Playón
60	Estero
61	Laguna

3.3.2 Zonas Urbanas

La zona urbana de alta densidad consta de áreas con muy pocos o ningún árbol. Compuesta principalmente de casas, edificios y carreteras, se ha eliminado la cobertura vegetal y la superficie está cubierta por cemento o edificaciones (ver Figura 3-2).

La zona urbana de moderada: Áreas con pocos árboles mezclados con infraestructura. Compuesta principalmente de casas, edificios y carreteras, aunque se encuentran árboles que dan sombra, jardines y existe algún grado de cobertura vegetal (ver Figura 3-3).

La zona urbana baja densidad: consta de áreas con muy poca infraestructura, rodeada principalmente de cobertura vegetal (pastos, árboles, cultivos, bosque, etc.) Casas o edificaciones esporádicas (Figura 3-4).

También dentro de las zonas urbanas, se pueden identificar áreas verdes (ver Figura 3-5)

3.3.3 Zonas Agrícolas

Como se mencionó anteriormente las zonas dedicadas a la producción agrícolas se distinguen principalmente mediante patrones y formas que se han ido corroborando en el campo y se catalogan de la siguiente forma: Cultivos anuales, permanentes, fincas de café, invernaderos y usos mixtos (cultivos anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos).



Figura 3-2 Zona urbana de alta densidad basado en Imagen satelital 2017.



Figura 3-3 Zonas urbanas de moderada densidad basado en Imagen satelital 2017



Figura 3-4 Zona urbana de baja densidad, interpretación basada en Imagen Satelital 2017



Figura 3-5 Áreas verdes dentro de una zona urbana de alta densidad basada en Ortofoto 2015

Las zonas industriales: edificios donde se conoce la industria, para su identificación es necesario hacer verificaciones de campo o basarse en información preexistente (Figura 3-6).



Figura 3-6 Zona industrial, Sector La Ribera – Fuente: Imagen Satelital 2017

La introducción de especies vegetales exóticas al país ha sido una práctica muy antigua que data de las primeras exploraciones etnobotánicas efectuadas por famosos científicos, naturalistas y aventureros. La lista de plantas introducidas a Costa Rica es amplia y algunas de estas han repercutido en la cultura y economía del país, tal como sucedió con el café (*Coffea arabiga* L.), el banano (*Musa acuminata* Colla), la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) y el tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Rojas 2005).

Se entiende por especie forestal exótica cuando una especie se cultiva fuera de su ámbito ecológico natural, de tal manera que no necesariamente se trata de que la especie proceda de otro país para considerarse exótica (Murillo 1991, en Rojas 2005).

Cultivos anuales



Figura 3-7 Cultivos anuales Sector de Cariari (Chile y cebolla)

Cultivos permanentes: Fincas de Café



Figura 3-8 Sector de Fátima (Cultivo de café)

3.3.4 Pastos

Son áreas muy intervenidas, dominadas por gramíneas perennes y no espinoso altura menor a 1m el uso principal que se da a estas tierras es silvopastoril y pueden presentar variaciones en cuanto a su composición.

Solamente pastos, pastos con árboles dispersos o pastos mezclados con árboles (Figura 3-9 y Figura 3-10).



Figura 3-9 Área de pastos – Sector Pedregal



Figura 3-10 Pastos mezclados con árboles, Sector Liceo Experimental Bilingüe Belén (PEDREGAL)

3.3.5 Ecosistemas Naturales

Los bosques primarios son aquellos que no han sido intervenidos por el hombre o que su estructura y composición florística exhibe un aparente estado de apogeo. Dependiendo de la zona de vida y las características de la vegetación se observa gran densidad de árboles y copas de mayor tamaño.

Algunas veces es difícil de diferenciar de bosques secundarios en estados de sucesión muy avanzada.

Los bosques secundarios son aquellos que se encuentran en estado de recuperación. La estructura es similar a la del bosque primario en cuanto a estratos, pero puede diferir en el diámetro de sus copas, la composición u homogeneidad.

Se pueden utilizar fotos o mapas antiguos para verificar si son primarios o secundarios (Figura 3-11)



Figura 3-11 Área cubierta por bosque secundario. Bosque "La Negra" – La Asunción

Bosques fragmentados o degenerados son remanentes de bosque primario o secundario dentro de áreas donde predomina algún otro uso, como: pastizales, cultivos, etc. (Figura 3-12). Algunos ecosistemas como manglar y las plantaciones forestales entre otros, tienen la misma apariencia que un bosque denso mixto.

De hecho, estos ecosistemas presentan la misma composición en cuanto a la cantidad de árboles y arbustos. No obstante, se pueden diferenciar estos tres tipos de ecosistemas, en la fotografía aérea con base en color, patrón, forma, tamaño y tono (Acevedo et. al. 2002 y Kappelle et. al. 2002).



Figura 3-12 Ejemplo de bosque fragmentado – Sector Ojo de Agua

Bosque ripario o de galería, es el que se encuentra en los márgenes de ríos o quebradas y se caracterizan por ser altos, densos y de poca diversidad en especies vegetales. Juegan un papel importante como corredor biológico para el tránsito de algunas especies, que no dependen de un bosque muy denso para transitar, refugiarse o buscar alimento.

“Cercas Vivas” esta ha sido una práctica común en Costa Rica y consiste en plantar postes y estacas de especies capaces de retoñar, los cuales una vez establecidas forman hileras de árboles. Esta práctica trae beneficios múltiples para el hombre tales como tapa-viento, sirve de sombra y forraje para ganado, produce leña y frutos. Además, para las especies silvestres, sirve de refugio, protección y de alimento e inclusive permite el tránsito de algunas especies formando parte de los corredores biológicos para la zona. Algunas especies utilizadas para esta práctica son madero negro, indio desnudo, poró, jocote, güitite, higuerones, pochote y copalchí (Valerio 1999).

3.3.6 Comentarios

Resulta de vital importancia la sistematización y estandarización de la recolección de datos, para aumentar la precisión de la información procesada y disminuir el porcentaje de error. Esto además favorece el aprovechamiento y corroboración de los datos generados por terceros.

Estos datos pueden ser aprovechados por gobiernos locales y entidades estatales como el SINAC, ya que son una herramienta muy útil en la planificación y la conservación de ecosistemas frágiles.

Se recomienda la utilización de la metodología descrita para la vegetación por Kappelle et. al. (2002) y adaptar el sistema de porcentajes para la clasificación de densidad urbana.

3.3.7 Resultados de la visita de campo

Debido al hecho de que un porcentaje alto del área total del Cantón de Belén está ocupado por zonas urbanizadas diversas y por zonas agrícolas y agropecuarias, mientras menos de un 10 % cuentan con una cobertura boscosa, la situación actual de los ecosistemas está caracterizada por un alto grado de degeneración.

Las únicas zonas, donde se han conservado zonas de bosque secundario con un grado de fragmentación y degeneración moderado a bajo, se encuentran dentro de las barrancas.

Estas áreas representan un gran valor como ecosistema extraordinario porque se trata de los últimos refugios para la flora y fauna silvestre. Especialmente la barranca del Río Segundo actúa como un corredor biológico importante para muchas especies de flora y fauna silvestre.

Por otro lado, la barranca del Río Virilla está afectada fuertemente por diferentes tipos de actividades humanas impactantes como por ejemplo la presencia de varios tajos grandes o la presencia de botaderos ilegales de cualquier tipo de desechos.

A causa de su alta importancia para la flora y fauna silvestre local, se considera como proyecto muy valioso, tratar de recuperar el ecosistema de esta barranca, con base en proyectos de reforestación y por medio de la eliminación todo tipo de uso humano inadecuado, sobre todo los botaderos ilegales y los tajos grandes.

De esta forma se puede proteger de forma eficaz por lo menos una parte pequeña de la flora y fauna silvestre local. Al mismo tiempo este proyecto tendría el potencial de bajar el grado de contaminación del sistema acuífero del subsuelo.

Dentro de áreas con un creciente desarrollo urbano, como en el caso del Cantón de Belén, áreas de uso agropecuario igualmente muestran cierto valor como ecosistemas.

En este sentido, las zonas de cafetales representan unos de los últimos refugios para la vida silvestre. Además, las zonas de cafetales representan una característica muy típica para el desarrollo histórico, así como sociocultural del Cantón de Belén.

Por todas estas razones, es muy importante definir zonas preservadas de cafetales, como proyectos de tipo agro-ecoturístico, ante el creciente urbanismo con la finalidad de mantener un espacio suficiente para zonas verdes libre de construcciones. Fuera de la protección de la fauna y flora silvestre, las mismas zonas verdes intocables significarían un valor bastante alto para fines recreativos, así como para el mejoramiento de la calidad del aire.

Zonas Urbanizadas, desde el punto de vista de conservación de ecosistemas, no representan mucho valor, porque la riqueza de flora y fauna silvestre ya se perdió desde hace mucho tiempo.

Por la misma razón, zonas verdes residuales dentro de zonas urbanizadas representan un valor muy alto: por un lado, forman islas ecológicas donde se conserva una pequeña parte de la vida silvestre, por otro lado ofrecen una muy buena oportunidad para los ciudadanos de descansar de la vida de la ciudad.

3.4 Mapas técnicos para IFA Bioaptitud

3.4.1 Mapas temáticos relevantes

En la Tabla 3-2 se presentan los factores ambientales utilizados para la elaboración del estudio de IFA Bioaptitud del cantón de Belén. Esto de conformidad con el Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE. Se aclara que debido a que se presentaba un error material en el tema de humedales y refugios nacionales de vida silvestre, se hace la corrección de la misma, según el criterio de Indubio Pro Natura y lo establecido en la misma Ley Orgánica del Ambiente.

En la **Figura 51 del Atlas de Mapas**, se presenta el Mapa de Uso Actual del suelo del cantón de Belén. Este mapa se ha elaborado con una imagen satelital reciente (2019) para el área de estudio y ha sido sujeto a una detallada revisión de campo.

Para mejorar la comprensión sobre la forma en que se elabora este mapa de uso actual del suelo, en este Capítulo de IFA Bioaptitud se incluye una detallada explicación con ejemplos sobre los diferentes tipos de uso del suelo. Se aclara que se realiza esa explicación en razón de que el mapa de cobertura biótica del cantón se genera como un subproducto del mapa de uso actual del suelo.

Esta es la razón por la cual se habla de “Zonas industriales”. Se aclara que eso no se trata de un error, sino de una ilustración relacionada con la metodología aplicada.

En este contexto, en la **Figura 52 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de IFA Bioaptitud para el factor de coberturas vegetales o bióticas. Esto se hace en el marco de la aplicación de la metodología del DE 32967 – MINAE, particularmente las secciones 5.9.3.a, 5.9.5 y 5.3.1, de conformidad con lo indicado en dicho procedimiento técnico y lo señalado por la SETENA.

Se considera que se realiza el detalle suficiente de la descripción de las coberturas bióticas en razón de que las unidades naturales presentes son muy limitadas. Ello, porque se trata de un cantón con un uso del suelo, predominantemente urbano.

Se desea aclarar que la metodología del DE 32967 – MINAE no exige que se realice un estudio biológico detallado para cada biotopo natural o artificial identificado en el área de estudio. Lo que se solicita es que se identifiquen las unidades bioespaciales según la metodología y que se realice una verificación de campo sobre su extensión. Ello para generar el respectivo mapa de IFA Bioaptitud. Se considera que el estudio biológico realizado contiene el detalle y la información requerida. Al respecto, se debe recordar que se está aplicando el DE 39150 y su modificación, respecto al uso de la flexibilidad metodológica sobre el mapa de uso actual del suelo.

Este mapa es muy importante, dado que en el mismo se identifican los diferentes usos de cobertura vegetal existentes en el Cantón de Belén, con lo cual es posible establecer su calificación de fragilidad ambiental según lo indica el decreto ejecutivo antes citado.

Como se indicó antes, en la Figura 51 del Atlas de Mapas se presenta el mapa de uso actual del suelo del Cantón de Belén, que representa un mapa muy importante a fin de determinar el balance entre las zonas de cobertura boscosa y las de aptitud forestal, y así identificar si hay déficit de bosques dentro de la cuenca.

Este dato se discute en el Análisis de Alcance Ambiental que corresponde el Informe 2 de este documento.

Tabla 3-2. Factores de tomar en cuenta como parte de la elaboración del IFA Bioaptitud según lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE

	1	2	3	4	5
	MUY ALTA (1)	ALTA (2)	MODERADA (3)	BAJA (4)	MUY BAJA (5)
Tipo de cobertura biótica	Bosques primarios, humedales y áreas de protección absoluta por la legislación vigente I (muy alto)	Bosques secundarios II (alto)	Bosques secundarios en recuperación III (moderado)	Potreros arbolados o cultivos agroforestales IV (bajo)	Pastos, áreas de cultivo, zonas de uso antrópico V (muy bajo)
Categorías de manejo	Parques nacionales. Reservas biológicas.	Humedales. Monumentos naturales.	Reservas forestales. Zonas protectoras. Refugios nacionales de vida silvestre.	Zonas de amortiguamiento de áreas protegidas, definidas como un espacio geográfico de 500 metros desde sus linderos	Zonas sin restricción de uso desde el punto de vista de recursos biológicos
Corredores Biológicos y conectividad	Corredores biológicos ocupado por bosques primarios y secundarios	Corredores biológicos ocupados por bosques secundarios en recuperación	Zonas de conectividad de corredores biológicos ocupados por actividades humanas diversas	Zonas de restricción parcial por la cercanía (hasta 500 metros) de corredores biológicos y conectividad	Zonas sin restricción desde el punto de vista de corredores biológicos y conectividad

Nota: se corrige el error y se incluyen humedales y refugios de vida silvestre, en la categoría de “MuyAlta Fragilidad”, según lo establecido por la Ley Orgánica del Ambiente.

3.4.2 Corredores biológicos

Un corredor biológico corresponde con “un sistema de ordenamiento territorial compuesto de áreas naturales bajo regímenes de administración especial, zonas núcleo, de amortiguamiento, de usos múltiples y de interconexión; organizando y consolidando, brindando un conjunto de bienes y servicios ambientales a la sociedad centroamericana y mundial, proporcionando los espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible los recursos naturales” (Fuente: XIX Cumbre de Presidentes Centroamericanos 1997 en SINAC, 2006).

3.4.3 Bosques según las zonas de vida

3.4.3.1 Introducción

El cantón de Belén, está dentro de una sola Zona de Vida:

- Bosque Húmedo Premontano

A continuación, se hace una descripción de dicha Zona de Vida, con base en Bolaños, 2003.

En la **Figura 53 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el mapa de zonas de vida para el cantón de Belén.

3.4.3.2 Bosque húmedo Premontano

Este es un bioclima muy atractivo para el asentamiento humano y probablemente es la Zona de Vida más apreciada del país debido a su clima. Es también un excelente bioclima para el desarrollo de las actividades del uso de la tierra.

El rango de precipitación para esta Zona de Vida varía entre 1200 y 2200 mm, como promedio anual y su biotemperatura media anual oscila entre 17 y 24 C°; la temperatura es igual a la biotemperatura.

Para el caso de la transición basal Tropical, el rango de precipitación es de 1500 a 1950 mm, con una biotemperatura media que varía entre 24 y 24,5 C^o, mientras que la temperatura media es de 24 a 27,5 C^o. El bh-P presenta un periodo efectivo seco de 3,5 a más de 5 meses.

El bosque húmedo Premontano es semideciduo, con poca cantidad de epífitas, de dos estratos, árboles con fustes cortos y macizos, poco denso y con una altura aproximada de 25 metros.

3.4.3.3 Biotopos existentes

El cantón de Belén se encuentra en medio de río Segundo, en el costado norte y el río Virilla en el costado sur, como principales colectores del área. Es en estos dos ríos en donde están representadas las mayores áreas ocupadas por **bosques secundarios**.

En el caso del río Segundo, dichas áreas son más anchas, sobre todo en lo que respecta al costado noreste, cerca de los poblados Río Segundo y Echeverría. Con respecto al río Virilla, y debido a su encañonamiento, se ha dado la conservación de algunas áreas de bosques secundarios poco alterados, sobre todo en los costados suroeste y central.

En ambos casos es sumamente importante la presencia de estos bosques ribeños para la conservación de especies de crecimiento natural de la Zona de Vida local por un lado, mientras que por otro, cumple la función de franja por la cual la fauna local puede ejecutar traslados a sitios más seguros o incluso habitar sobre todo en los taludes de fuertes pendientes del río Virilla.

Por otra parte, Burío-Quebrada Seca, al centro del cantón, cuenta solamente con un área pequeña, cerca de Asunción, en que se ha conservado un pequeño bosque alterado. El Río Bermúdez por su parte, cuenta solamente con algunas arboledas en el suroeste del cantón.

Aparte de lo descrito, el cantón de Belén está predominantemente ocupado por áreas urbanas, **pastos** y **pastos con árboles dispersos**. Existen de manera dispersa algunas **arboledas** en parques o condominios privados en los que se han sembrado incluso especies vegetales exóticas. No obstante, representan hábitculos que la avifauna puede aprovechar para anidar o encontrar alimento.

3.4.3.4 *Corredores biológicos*

Como corredor biológico se entiende por aquella área (franja) que permita la conectividad entre áreas protegidas.

En el caso del cantón de Belén, en que no existen áreas protegidas en sus límites o en sus alrededores, no aplicaría dicha definición y, por lo tanto, no se puede hablar de corredores biológicos existentes.

Sin embargo, en el sentido lato, podrían tomarse como tales, las áreas de bosque secundario descritas en el apartado anterior que, en razón de su densidad boscosa podrían estar sirviendo como franjas por las cuales la fauna local puede deambular libremente y con algún grado de seguridad.

Desde ese punto de vista, Belén cuenta con dos corredores biológicos secundarios, de ubicación en Río Segundo al Norte y Río Virilla al Sur.

En el mapa de la **Figura 54 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de Corredores Biológicos del cantón de Belén. Este mapa se presenta en “blanco” precisamente por el hecho de que la autoridad en materia de Corredores Biológicos no tiene este tipo de unidad para el cantón de Belén.

Por lo anterior, no se considera necesario profundizar con más datos e información sobre el tema. Esto, en razón de que el cantón de Belén es un cantón relativamente pequeño y predominantemente urbano.

Sobre potenciales corredores biológicos o de conectividad en el río Virilla y el río Segundo, los estudios del PRUGAM (ver Astorga et al., 2008) establecen áreas potenciales para ser desarrolladas como corredores biológicos, no obstante, se trata de un Plan Regional cuya responsabilidad de aplicación no recae en la Municipalidad de Belén, sino en el SINAC y la Dirección de Urbanismo del INVU. Cabe señalar, además, que respecto a la aplicación de la sección 5.9.3.c, la misma SETENA no ha generado el Protocolo que allí se señala en materia de corredores biológicos.

Por todo lo anterior, se considera que la información generada sobre este tema es suficiente como base ambiental para el plan regulador del cantón de Belén.

3.4.3.5 Listado genérico de flora y fauna

Con base en estudios que el autor del presente trabajo ha hecho en el cantón o en sus alrededores, se han elaborado las listas de Flora y Fauna que se incluyen en la siguiente tabla.

Tabla 3-3 Listado de la flora del cantón

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	FAMILIA
<i>Alchornia costaricensis</i>	Fosforillo	Euphorbiaceae
<i>Anacardium excelsum</i>	Espavel	Anacardiaceae
<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambú	Poaceae
<i>Batrics major</i>	Viscoyol	Areceaceae
<i>Bauhinia unglata</i>	Casco de venado	Caesalpinaceae
<i>Bombacopsis quinata</i>	Pochote	Bombacaceae
<i>Bromelia sp.</i>	Bromelia	Bromeliaceae
<i>Brosimun sp.</i>	Higuerón	Moraceae
<i>Bursera simarouba</i>	Jiñocuabe, indio desnudo	Burseraceae
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	Malpighiaceae
<i>Carica papaya</i>	Papaya	Caricaceae
<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo	Cecropiaceae
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	Meliaceae
<i>Citrus aurantifolia</i>	Limón agrio	Rutaceae
<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Boraginaceae
<i>Crescentia cujete</i>	Jícaro	Bignoniaceae
<i>Croton draco</i>	Targuá,	Euphorbiaceae
<i>Chuschia pittierii</i>	Bambú	Poaceae
<i>Delonix regia</i>	Malinche	Caesalpinaceae
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	Fabaceae-Mimosoideae
<i>Ficus sp.</i>	Higuerón	Moraceae

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	FAMILIA
<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo ternero	Sterculiaceae
<i>Heliconia latispatha</i>	Heliconia	Heliconiaceae
<i>Hylocereus costaricensis</i>	Pitahaya	Cactaceae
<i>Inga densiflora</i>	Guabo	Fabaceae-Mimosoideae
<i>Lantana camara</i>	Cinco negritos	Verbenaceae
<i>Luehea seemanii</i>	Guácimo colorado	Tiliaceae
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Anacardiaceae
<i>Miconia argentea</i>	Santa María	Melastomataceae
<i>Miconia impatiolaris</i>	Lengua de vaca	Melastomataceae
<i>Muntingia calabura</i>	Capulín	Muntingiaceae
<i>Musa acuminata x balbisiana</i>	Guineo cuadrado	Musaceae
<i>Nephelium lappaceum</i>	Mamón chino	Sapindaceae
<i>Ochroma pyramidale</i>	Balsa	Bombacaceae
<i>Panicum sp.</i>	Pasto	Poaceae
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Lauraceae
<i>Piper aduncum</i>	Cordoncillo	Piperaceae
<i>Piper auritum</i>	Anisillo	Piperaceae
<i>Pseudobombax septenatum</i>	Ceibo	Bombacaceae
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Myrtaceae
<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar	Poaceae
<i>Samanea saman</i>	Cenízaro	Fabaceae-Mimosoideae
<i>Schizolobium parahyba</i>	Gallinazo	Caesalpinaceae
<i>Senna reticulata</i>	Saragundi	Caesalpinaceae
<i>Shefflera morotononi</i>	Mano de león	Araliaceae
<i>Sida sp.</i>	Escobilla	Malvaceae
<i>Spondias mombin</i>	Jobo	Anacardiaceae
<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Anacardiaceae

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	FAMILIA
<i>Tabebuia ochracea</i>	Cortez amarillo	Bignoneaceae
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble de sabana	Bignoneaceae
<i>Tectona grandis</i>	Teca	Verbenaceae
<i>Urera caracasana</i>	Ortiga	Urticaceae
<i>Vetiveria zizanoides</i>	Vetiver	Poaceae
<i>Vitex cooperi</i>	Cuajada	Verbenaceae
<i>Zanthoxylum sp.</i>	Lagartillo	Rutaceae

FUENTE: ESTUDIOS PROPIOS

Tabla 3-4 Listado de la avifauna del cantón

Familia /Nombre científico	Nombre común
Ardeidae	
<i>Bubulcus ibis</i> *	Garcilla bueyera
Cathartidae	
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabeza roja
<i>Coragyps atratus</i> *	Zopilote cabeza negra
Accipitridae	
<i>Buteo magnirostris</i> *	Gavilán colicorto
Columbidae	
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma alablanca
<i>Columbina passerina</i> *	Tortolita
<i>Leptotila verreauxi</i> *	Paloma cola blanca
Cuculidae	
<i>Piaya cayana</i> *	Cuco ardilla
<i>Crotophaga ani</i> *	Tijo
Trochilidae	
<i>Amazilia tzacatl</i> *	Colibrí amazilia rabirrufa

Familia /Nombre científico	Nombre común
Picidae	
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero de Hoffmann
Dendrocolaptidae	
<i>Dendrocincla fuliginosa</i>	Trepador
<i>Sittasomus griseicapillus</i>	Trepador gris
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	Trepador cabecirrayado
Tyrannidae	
<i>Tyrannus melancholicus</i> *	Tirano tropical
<i>Megarhynchus pitangua</i>	Mosquerón picudo o Pecho amarillo
<i>Myiozetetes granadensis</i>	Mosquero cabecigrís
<i>Myiozetetes similis</i> *	Mosquero cejiblanco
<i>Pitangus sulfuratus</i>	Bienteveo grande
<i>Myiarchus crinitus</i>	Copetón viajero
Troglodytidae	
<i>Thryothorus modestus</i>	Soterrey chinchirigüí
<i>Troglodytes aedon</i> *	Soterrey cucarachero
Turdidae	
<i>Turdus grayi</i> *	Yigüirro
Icteridae	
<i>Quiscalus mexicanus</i> *	Zanate
Emberizidae	
<i>Sporophila aurita</i> *	Espiguero variable o Setillero
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillerito negro
<i>Aimophila ruficauda</i>	Sabanero cabecilistado
Passeridae	
<i>Passer domesticus</i>	Gorrión común

FUENTE: ESTUDIOS PROPIOS

Tabla 3-5 Listado de mastofauna y herpetofauna del cantón

Familia Especie	Nombre común
MAMÍFEROS	
Didelphidae	
<i>Didelphis marsupiales</i>	Zorro pelón
Dasypodidae	
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo nueve bandas
Sciuridae	
<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla común
<i>Procyon lotor</i>	Mapache
HERPETOFAUNA	
Bufonidae	
<i>Bufo marinus</i>	Sapo común
Leptodactylidae	
<i>Eleutherodactylus spp.</i>	Ranas de hojarasca
Gekkonidae	
<i>Gonatodes albogularis</i>	Gecko
Corytophanidae	
<i>Basiliscos basiliscus</i>	Basilisco
Iguanidae	
<i>Iguana iguana</i>	Iguana verde
Viperidae	
<i>Bothrops asper</i>	Terciopelo
Elapidae	
<i>Micrurus sp.</i>	Coral
Polychrotidae	
<i>Anolis ssp.</i>	Lagartija
<i>Norops polylepis</i>	Lagartija
Teiidae	
<i>Ameiva festiva</i>	Chisbala

FUENTE: ESTUDIOS PROPIOS

3.4.4 Áreas silvestres protegidas en el cantón de Belén

Se aclara que dentro del cantón de Belén no se presenta ninguna área silvestre protegida. Al respecto se elaboró el Mapa de la Figura 56 del Atlas de Mapas.

En este contexto, se considera que se cumple lo establecido por el decreto ejecutivo No. 32967 – MINAE y en particular con la Introducción de su Anexo 2, respecto al criterio de experto del equipo técnico responsable.

3.5 Mapa del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) - Bioaptitud

Como base para la elaboración del Mapa de Índice de Fragilidad Ambiental de los aspectos biológicos del sector terrestre de la región de estudio (IFA – Bioaptitud) se ha tomado, como se señaló anteriormente, en la elaboración de un mapa de uso actual del suelo para los diferentes sectores (ver Figura 59 del Atlas de Mapas). Ese mapa de uso del suelo se ha realizado basado en información de fotografías aéreas recientes (Proyecto CARTA 2003 y 2005, y también de TERRA, 1998 y de imágenes satelitales más recientes, junto con trabajo de campo).

Además del estudio de fotointerpretación sobre uso del suelo para definir usos del suelo desde el punto de vista biológico, se realizó un estudio de campo para establecer el grado de actualización que puede derivarse de la información de las fotos, respecto a la situación de uso del suelo actual.

Los mapas que se utilizaron como insumo para el Mapa de IFA Bioaptitud, de conformidad con la metodología del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE, son los siguientes.

- Mapa IFA Bioaptitud, coberturas vegetales en la Figura 52 del Atlas de Mapas Ambientales.
- Mapa de Zonas de Vida, en la Figura 53 del Atlas de Mapas Ambientales.
- Mapa de Corredores Biológicos, en la Figura 54 del Atlas de Mapas Ambientales.
- Mapa de bajo Régimen de Pagos de Servicios Ambientales en la **Figura 55 del Atlas de Mapas**.

- Mapa de IFA Bioaptitud, áreas silvestres protegidas en la **Figura 56 del Atlas de Mapas**.
- Mapa de cursos y cuerpos de agua y áreas de protección, en la **Figura 57 del Atlas de Mapas Ambientales**.
- Mapa de áreas de ocupación antrópica de las Áreas Ambientalmente Frágiles en la **Figura 58 del Atlas de Mapas**.

Es importante aclarar que los valores de las factoras se han establecido según criterio de experto conforme al DE 32967 y el DE 39150.

Finalmente, en la **Figura 59 del Atlas de Mapas Ambientales** se presenta el Mapa de IFA Bioaptitud.

Sobre algunos de estos mapas, se hace importante realizar algunas aclaraciones pertinentes.

Figura 57 del Atlas de Mapas se presenta el Mapa de cursos y cuerpos de agua

Es importante aclarar que ese mapa se elaboró tal y como indica el procedimiento del apartado 5.9.4.a del Anexo 1 del Decreto 32967 – MINAE, en el sentido que se realizó con una imagen satelital reciente, con fotointerpretación y verificación de campo, siguiendo criterios de experto y la aplicación de la legislación vigente. Al respecto, se recuerda a la SETENA que el mapa se elabora bajo la Cláusula de Responsabilidad Ambiental a modo de Declaración Jurada.

Por otro lado, se debe recordar que la aplicación del DE 39150 y su modificación como mecanismo de flexibilización permite usar mapas de uso del suelo con flexibilidad y dado que el mapa aquí discutido se genera como subproducto de ese mapa de uso del suelo, no es procedente la realización de una profundización del análisis, siendo que la información aportada es suficiente para el objetivo del estudio que, se recuerda, es a escala 1:5.000 como base para un Plan Regulador.

A este respecto se recuerda que como parte de la Tabla Resumen de Limitantes y Potencialidades técnicas que acompaña el mapa de IFA – Subclasificación del cantón de Belén, se establecen condicionantes ambientales para que, en áreas donde existen biotopos sensibles y se pretenda el desarrollo de proyecto, se requerirá de previo y como parte del trámite de Evaluación de Impacto Ambiental, la realización de estudios biológicos de detalle cuyos resultados serán valorados para determinar la viabilidad ambiental del proyecto, obra o actividad. Desde este punto de vista, no se justifica la realización de estudios biológicos detallados como parte de la información ambiental a considerar para la elaboración del Plan de Ordenamiento Ambiental del territorio objeto del mismo.

Mapa de Zonas Bajo Régimen de Pago de Servicios Ambientales

Como se puede observar, no se presentan este tipo de zonas en este cantón. Ello, por lo mencionado anteriormente, de que es un cantón relativamente pequeño en superficie y porque tiene mucho desarrollo urbano.

Por otro lado, es importante aclarar a la SETENA que las zonas bajo régimen de pago de servicios ambientales no son directamente vinculantes para los mapas de IFA Bioaptitud. Son una información complementaria, pero no son esenciales para la construcción de ese mapa. El objetivo de tener esa información es que la Municipalidad conozca qué áreas del cantón tienen esa condición para determinar si establece, como parte del plan regulador, algún lineamiento sobre el tema.

Por otro lado, con el desarrollo del mapa de IFA Bioaptitud de coberturas vegetales, las eventuales áreas que se encuentren en esta condición quedarían cubiertas por este mapa, dado que se trataría de zonas de bosque.

En consideración de todo esto, la información necesaria sobre este tema ha sido debidamente incluida y es suficiente para la generación del mapa de IFA Bioaptitud correspondiente. Al respecto se recuerda que se está aplicando aquí lo señalado en la Introducción del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE referente al criterio de experto del equipo consultor.

Mapa de biotopos sensibles

A este respecto, el ítem 5.9.4.c del Anexo 1 del DE 32967, señala textualmente lo siguiente:

*“c) Identificación de otros biotopos sensibles tales como manglares, parches arrecifales en zonas litorales, bosques ribereños, pantanos, marismas y otros similares, **según criterio de experto del profesional responsable del mapa**”.*

(El destacado no es del original).

En el cantón de Belén, los biotopos sensibles identificados corresponden con los cuerpos y cursos de agua (incluyendo un pequeño humedal que se encuentra al norte del cantón) y los ecosistemas de bosques que se encuentran en los cañones de los ríos Virilla y Segundo que se circunscriben dentro del territorio del cantón. Desde el punto de vista de cartografía estos biotopos son incluidos y considerados para el mapa de IFA Bioaptitud.

En consideración de todo esto, la información necesaria sobre este tema ha sido debidamente incluida y es suficiente para la generación del mapa de IFA Bioaptitud correspondiente. Al respecto se recuerda que se está aplicando aquí lo señalado en la Introducción del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE referente al criterio de experto del equipo consultor.

Como complemento aclaratorio a la SETENA, en la Figura 3-13 se presenta el mapa de biotopos sensibles del cantón de Belén. Este mapa se elaboró según datos de interpretación de una imagen satelital reciente (2019) con verificación de campo. Este mapa resume el potencial biológico que tiene el cantón de Belén y que requiere ser atendido por el plan regulador.

Como se ha indicado, dentro del cantón de Belén, no se presentan áreas silvestres protegidas, ni corredores biológicos formalmente establecidos por el SINAC, ni tampoco zonas de pagos de servicios ambientales.

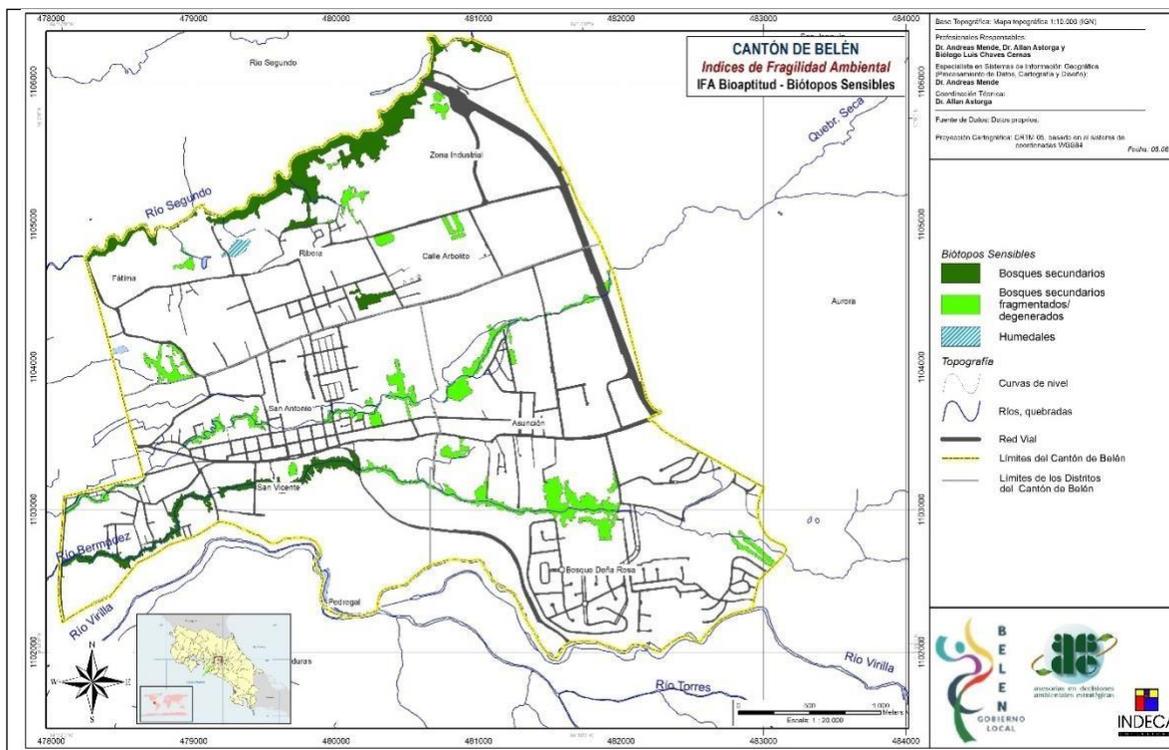


Figura 3-13 Mapa de biotopos sensibles identificados en el cantón de Belén

Según la interpretación de imagen satelital más reciente (2019) con verificación de campo a escala 1:5.000

Los biotopos sensibles de Belén corresponden con bosque secundarios (naturales y fragmentados y degenerados) asociados al río Virilla y Río Segundo, así a la quebrada Seca. También se incluyen algunos pequeños parches boscosos fuera del cauce de los ríos, localizados, principalmente en terrenos de propiedad privada. Se incluye, además, el humedal del sector norte.

Como se ha indicado y conforme a la metodología del DE 32967 – MINAE esta información sirve de base para la elaboración del Mapa IFA Bioaptitud. Pero, además, es de gran utilidad en la componente de Análisis de Alcance Ambiental y el mismo Reglamento de Desarrollo Sostenible, para determinar lineamientos de planificación encaminados a que la Municipalidad defina acciones para proteger estos biotopos sensibles y que la misma pueda ser incrementada a futuro. Esto como parte de la lucha contra el Cambio Climático y como tarea de mejora y recuperación de ecosistemas en el cantón de Belén.

Mapa de zonas de vida

Como se ha indicado previamente, los datos de las variables complementarias solicitadas por el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE son presentadas en el Atlas de Mapas y el presente Informe de IFA de conformidad con dicha metodología. Esta herramienta no establece como requisitos, la realización de una explicación amplia y detallada, la cual, a efectos de la aplicación de la metodología no es trascendente en la medida de que no afecta ni altera el desarrollo del Mapa IFA Bioaptitud final. De acuerdo con lo establecido en la Introducción del Anexo 2 del referido decreto 32967, sobre la base del criterio de experto de los autores, se considera que la información aportada en el Informe y el Atlas de Mapas es suficiente para el objetivo final del estudio que corresponde con la base de zonificación ambiental para la elaboración del Plan Regulador.

Por otro lado, y tal y como se mencionó antes, la aplicación de la flexibilización que establece el Decreto 39150 y su modificación, particularmente respecto al mapa de uso del suelo, permite recalcar lo anterior, respecto a que la información aportada sobre datos de variables complementarias es suficiente y satisfactoria. Esto, en razón de que el mapa de uso actual del suelo, es la base técnica para la elaboración del mapa de IFA – Bioaptitud.

Mapa de IFA Bioaptitud

En lo referente al IFA Bioaptitud del cantón de Belén se ha cumplido estrictamente con lo que establece la norma, respecto a generar la cartografía de coberturas vegetales y establecer los valores de IFA de conformidad con lo que establece la Tabla respectiva del Anexo 2 del DE 32967 tal y como lo establece la norma. Además de esto, se han generado datos suficientes para las variables complementarias las cuales son de utilidad como información general y que se retoman en la parte del Informe de Análisis de Alcance Ambiental. Desde este punto de vista, se considera que la información generada es suficiente para los objetivos de la metodología de IFA que solicita el DE 32967.

En la Tabla 3-6, se establecen las limitantes y potencialidades técnicas, espacial para cada una de las variables complementarias.

Tabla 3-6 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Bioaptitud

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
<p>Zonas de Alta Fragilidad: Bosques secundarios, Monumentos naturales Corredores biológicos ocupados por bosques secundarios en recuperación</p>	<p>Espacios geográficos ocupados por ecosistemas biológicamente sensibles que deberían ser dedicados principalmente a la protección, dado que funcionan como refugios de vida silvestre y áreas de conectividad biológica.</p>	<p>Tienen potencial para la conservación y protección de ecosistemas. Uso ecoturístico. Educación ambiental. Investigación científica. Pueden ser aptos para cierto desarrollo urbano condicionado desde el punto de vista ambiental.</p>
<p>Zonas de Moderada Fragilidad Bosques secundarios en recuperación. Reservas forestales. Zonas protectoras. Zonas de conectividad de corredores biológicos ocupados por actividades humanas diversas.</p>	<p>Espacios geográficos ocupados parcialmente por ecosistemas de diverso tipo y con variables grados de afectación antrópica. Dichos ecosistemas operan como refugios de vida silvestre de variable importancia y tamaño. Son característicos de zonas rurales, donde se combinan con actividades agrícolas y agropecuarias.</p>	<p>Tienen potencial para la conservación y protección de ecosistemas locales, a modo de biotopos que circundan áreas de actividades humanas productivas. Uso ecoturístico local. Pueden ser aptos para cierto desarrollo urbano que los incorpore como parte de sus zonas verdes.</p>
<p>Zonas de Baja Fragilidad Ambiental Potrereros arbolados o cultivos agroforestales</p>	<p>Se trata de zonas con una fuerte afectación antrópica entre las cuales se encuentran algunos biotopos de limitado valor ecológico, peso a eso, pueden funcionar como pequeños refugios de vida silvestre.</p>	<p>Tienen potencial como biotopos y zonas verdes entre áreas de afectación humana. En zonas urbanas pueden conformar biotopos urbanos a modo de parques y nichos ecológicos locales.</p>

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
<p>Zonas de Muy Baja Fragilidad Ambiental Pastos, áreas de cultivo, zonas de uso antrópico Zonas sin restricción de uso desde el punto de vista de recursos biológicos Zonas sin restricción desde el punto de vista de corredores biológicos y conectividad</p>	<p>Presentan muy pocas limitantes de uso biológico, dado que se trata de zonas como muy fuerte impacto antrópico. Corresponde con zonas de cultivos de diverso tipo, incluso intensivos o extensivos o en su defecto con zonas urbanas.</p>	<p>Muy pocas potencialidades desde el punto de vista biológico, debido al fuerte impacto antrópico y la casi inexistencia de ecosistemas y biotopos.</p>

Fuente: Datos propios.

Esta tabla se realiza en función de los datos procesados y en aplicación de la metodología del DE 32967 – MINAE por parte del equipo consultor y siguiendo el criterio de experto. Se considera que la información generada es suficiente y satisfactoria para el alcance del estudio respecto a la generación de un mapa ambiental, base para el desarrollo de la planificación de uso del suelo del cantón de Belén.

4 Índice de Fragilidad Ambiental (IFA): Edafoaptitud

4.1 Introducción

4.1.1 Marco teórico

El Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) Edafoaptitud refleja la capacidad de un terreno dado para los diferentes tipos de actividad agropecuaria en función de las características específicas de la capa del suelo (textura, materia orgánica, valor de pH, etc.), de la topografía (pendiente, erosión/sedimentación, etc.) y parámetros climáticos como por ejemplo temperatura o precipitación.

El sistema de cartografía de la "Capacidad de Uso de las Tierras", establecido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG y el Ministerio de Ambiente – MIRENEM- (1995), es utilizado como la base metodológica (ver Tabla No. 4.1).

La información de IFA – Edafoaptitud no sustituye los estudios específicos de evaluación de suelos respecto a su capacidad agrícola y sobre su capacidad de uso de la tierra que pudieran darse a una escala más baja para fincas o espacios geográficos específicos. No obstante, el estudio de IFA puede orientar, dada la visión más integradora y general que tiene, acerca de los espacios geográficos en que dichos estudios requieren ser realizados, de previo al desarrollo de proyectos, obras o actividades.

4.1.2 Aplicación práctica

La incorporación del tema de suelos, desde el punto de vista de su potencial agrícola y de capacidad de uso de la tierra, como parte del ordenamiento territorial y de la introducción de la variable ambiental en el mismo, cumple una serie de objetivos básicos, como son:

1. Considerar el tema de suelo, desde la perspectiva de la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos.
2. Darle un valor de fragilidad ambiental y que las limitantes técnicas derivadas del tema suelo, sean consideradas a la hora de hacer planificación de uso del suelo.
3. Desarrollar, por medio de un sistema ágil y rápido, en consideración de los otros temas considerados en la metodología de los IFA, las variables básicas para capacidad de uso de la tierra e integrar los resultados como parte de la planificación territorial.

La metodología del IFA – Edafoaptitud no pretende sustituir los estudios de suelos o edafológicos especializados que se puedan hacer en un territorio dado. Por el contrario, representan una aproximación más general, a fin de que el tema sea considerado como un factor ambiental a considerar como parte de la variable ambiental.

Desde el punto de vista de la metodología, se consideran dos aspectos fundamentales en lo referente a suelos y el ordenamiento territorial.

El primero de ellos corresponde con el potencial de uso agrícola por fertilidad del suelo. Como es acostumbrado se califica en los 5 niveles relativos, es decir, desde Muy Alto hasta Muy Bajo. Los datos de fertilidad del suelo se obtienen a partir de los mapas nacionales elaborados por el Ministerio de Agricultura y también, por consideración de algunas de los factores obtenidos a partir del IFA – Geoaptitud.

Como se recordará, como parte de esos factores, se incluía el espesor de suelos y la formación geológica de la que provenía. Este dato, complementado con los mapas de suelos del MAG, permite obtener una calificación sobre el potencial agrícola del suelo. Es importante recalcar que conforme más fértil se califique el suelo, más frágil se considera, esto debido a que la metodología tiene la intención de proteger los suelos fértiles, considerándolos de fragilidad alta y determinando una limitante técnica para otras actividades, como el desarrollo urbano.

El segundo factor, corresponde con la Clase de Categoría de Capacidad de Uso de la Tierra. Sobre este tema, es importante recalcar que a nivel internacional existe un estándar que clasifica las tierras en ocho diferentes categorías, identificadas con números romanos del I al VIII.

En nuestro país, la metodología se formalizó a nivel nacional desde el año 1995 por medio de un decreto ejecutivo conjunto publicado por el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura.

La metodología de Capacidad de Uso de la Tierra utiliza 14 factores o variables para su elaboración. Varias de esas variables, como la pendiente, el tipo y espesor de suelo, el drenaje y otras, como la zona de vida y las condiciones climáticas, se toman en cuenta como parte del IFA – Geoaptitud e incluso del IFA – Bioaptitud. Debido a esto, es que la metodología de los IFA puede generar de una forma relativamente rápida mapas de las clases de capacidad de uso, los cuales se complementan y verifican con mapas del mismo tema elaborados a mayor escala.

La metodología de IFA da una calificación de fragilidad ambiental a cada clase de capacidad de uso de la tierra y establece limitantes técnicas a considerar. Así por ejemplo la Clase VII, debido al factor de la pendiente, se califica como de aptitud forestal, y por tanto de muy alta fragilidad.

La metodología, debido a la escala en que trabaja, para planificación de uso del suelo, no incluye categorías de capacidad de uso menores al nivel de las clases. Esto debe hacerse con estudios de menor escala y más detallados.

El mapa de IFA – Edafoaptitud, es un mapa útil en la medida que se obtiene en un tiempo relativamente corto y con un costo bajo, una visión sobre cuáles son los terrenos con potencial agrícola (clases I – IV), los que tienen más limitaciones para el desarrollo agrícola (clases V – VI) y los que no permiten el desarrollo de actividades agrícolas o agropecuarias y que más bien son de aptitud forestal o para la conservación (clases VII y VIII).

Además de indicar la extensión de estas unidades en el mapa y darles una calificación de fragilidad, lo más importante es que introduce limitantes técnicas que deberán ser tomadas en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre el uso del suelo en esos territorios en análisis.

4.2 Características de los Suelos y Capacidad de Uso dentro del Área de Estudio

4.2.1 Introducción

En el año 2008, la Municipalidad de Belén, contrató los servicios de la empresa COTERRA, para que realizara los mapas de fragilidad ambiental del cantón. Como parte de ese trabajo, dicha empresa elaboró un detallado estudio edafológico para el cantón, titulado: “*Descripción de suelos y capacidad de uso de la tierra*”, bajo la coordinación del Dr. Diógenes Cubero.

Debido a lo anterior y a fin de respetar la autoría y calidad de la información técnica generada en el informe citado, el mismo se ha utilizado como fuente de este documento.

De esta manera el mapa de suelos elaborado por COTERRA (2008) así como el mapa de capacidad de uso de la tierra, han sido integrados al grupo de mapas que se incluyen en el Atlas de Mapas que acompañan este Informe Técnico.

En lo que sigue, se presenta un resumen de los tipos de suelos y del tema de capacidad de uso de la tierra.

4.2.2 Resumen de tipos de suelos

Debido a su cobertura de *Cenizas Subrecientes*, caracterizadas por una textura suelta que ayuda mucho en el proceso de radicación y la buena capacidad de drenaje, la mayor parte de la Meseta Volcánica se presenta con una muy buena aptitud para la producción agropecuaria. Solamente en el noreste de la Meseta Volcánica, la capacidad productiva se reduce de forma considerable debido al aumento del grado de pedregosidad y a la presencia de depósitos de Lahares en la capa superficial.

Por su parte, los suelos dentro de la unidad geomorfológica *Barrancas* en su mayoría no presentan ni la menor aptitud para la producción agropecuaria y el único uso realmente apto para estos terrenos es el de cobertura boscosa.

Los limitantes principales incluyen sobre todo la predominancia de pendientes altas a muy pronunciadas que resulta en un peligro muy alto de erosión de suelos. Además, un alto grado de pedregosidad obstaculiza una buena productividad dentro de estos terrenos.

En general, los suelos volcánicos de la ***Meseta Volcánica*** de gran parte del territorio del cantón de Belén se han desarrollado encima de los productos del volcanismo Cuaternario como por ejemplo flujos de lava, tobas, ignimbritas y principalmente, cenizas volcánicas. Frecuentemente presentan un alto contenido de minerales arcillosos y cierto grado de pedregosidad (con la presencia de lahares). En la mayoría de los casos se trata de **Vertisoles**, los cuales están caracterizados por alto contenido de minerales arcillosos con un moderado a alto potencial de expansión en función del contenido de agua.

Estos minerales, por ejemplo, de los grupos de la smectita y montmorillonita, típicamente se generan como producto de meteorización de rocas volcánicas bajo condiciones climáticas tropicales, como en el caso del área de estudio.

El contenido de minerales arcillosos expansivos representa una influencia negativa al respecto del potencial de drenaje, una característica que puede provocar efectos negativos a la productividad de una variedad de cultivos (Capacidad de Uso: III).

El mapa de taxonomía de suelos se presenta en **la Figura 60 del Atlas de Mapas** del Cantón de Belén.

4.2.3 Capacidad de uso de la tierra

El sistema de cartografía de la "Capacidad de Uso de las Tierras", establecido por el MAG – MIRENEM (1994), fue utilizado como la base metodológica, y según lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE.

Para la aplicación en el marco de la metodología de IFA las siete clases de "Capacidad de Uso" I - VII del sistema del MAG - MIRENEM fueron reagrupados en los 5 niveles del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) de acuerdo con el esquema presentado en la Tabla 4-1.

En la Figura 61 del Atlas de Mapas se presenta el mapa de zonas de capacidad de uso de la tierra para el cantón de Belén.

Por su parte en la Tabla 4-2 se presenta una explicación de las diferentes categorías.

Tabla 4-1 Esquema de reagrupación de las siete clases de "Capacidad de Uso" I - VII del sistema del MAG "Capacidad de Uso de las Tierras" a los 5 niveles del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA).

Capacidad de Uso (MAG)	IFA Edafoaptitud
V, VI	II (alto)
IV	III (moderado)
III	IV (bajo)
I, II	V (muy bajo)

Tabla 4-2 Limitantes y potencialidades por capacidad de uso de la tierra

IFA EDAFOAPTITUD	Clase (MAG)	Potencialidades	Capacidad de uso de la tierra	Limitantes para la actividad Agrícola
V (muy bajo)	I	Suelos profundos poco pedregosos y con buen drenaje, sin problemas de toxicidad, salinidad o inundación además de ser poco susceptibles a sufrir erosión hídrica	Agrícolas, pecuarias o forestales.	POCAS O NINGUNA.

IFA EDAFOAPTITUD	Clase (MAG)	Potencialidades	Capacidad de uso de la tierra	Limitantes para la actividad Agrícola
	II	Suelos profundos de fertilidad media. Relieve ligeramente ondulado con pendiente entre el 3 y el 8%	Agrícolas, pecuarias o forestales con implementación de prácticas sencillas de manejo y conservación de suelos.	LEVES: Erosión leve, suelo ligeramente pedregoso, toxicidad y salinidad leves, riesgo de inundación leve y viento moderado.
IV (bajo)	III	Suelos moderadamente profundos de fertilidad media. Relieve moderadamente ondulado con pendientes entre el 8 y el 15%	Cultivos anuales restringidos con uso de prácticas INTENSIVAS de manejo y conservación de suelos.	MODERADAS: Erosión leve, suelo moderadamente pedregoso, salinidad leve, toxicidad moderada, riesgo de inundación y viento moderados. Drenaje extremo, moderadamente lento o excesivo.
III (moderado)	IV	Suelos moderadamente profundos de fertilidad media Relieve moderadamente ondulado con pendientes entre el 8 y el 15%	Cultivos anuales restringidos con uso de prácticas MUY INTENSIVAS de manejo y conservación de suelos.	FUERTES: Suelo pedregoso, toxicidad moderada y salinidad leve, riesgo de inundación y viento moderados. Drenaje extremo, moderadamente lento o excesivo.
II (alto)	V	Relieve moderadamente ondulado a ondulado con pendientes entre el 8 y el 30%. El amplio rango de pendientes permite el desarrollo controlado de otras actividades diferentes a la agricultura.	Pasto o manejo de bosque natural.	SEVERAS: Erosión moderada, suelos poco profundos, fuertemente pedregosos y de muy baja fertilidad, toxicidad fuerte y salinidad moderada, riesgo severo de inundación y condiciones de viento fuerte.

IFA EDAFOAPTITUD	Clase (MAG)	Potencialidades	Capacidad de uso de la tierra	Limitantes para la actividad Agrícola
I (muy alto)	VI	<p>Suelos moderadamente profundos.</p> <p>Creación de bosques artificiales para entrelazar parches de bosque natural</p>	<p>Producción forestal y cultivos permanentes frutales y café sin embargo estos últimos requieren prácticas INTENSIVAS de manejo y conservación de suelos.</p>	<p>SEVERAS: Erosión severa y relieve fuertemente ondulado por lo que no se recomiendan especies forestales que puedan acelerar los procesos de erosión hídrica, tales como la Teca (<i>Teutona grandis</i>) y la Melina (<i>Gmelina arbórea</i>), fuertemente pedregosos y de muy baja fertilidad, toxicidad fuerte y salinidad moderada, riesgo de inundación y condiciones de viento moderados.</p>
	VII	<p>Creación de corredores biológicos</p>	<p>Manejo de bosque natural y regeneración natural de bosque</p>	<p>MUY SEVERAS: Erosión severa y relieve escarpado, suelos poco profundos, fuertemente pedregosos y de muy baja fertilidad, toxicidad y salinidad fuertes, riesgo de inundación muy severo y condiciones de viento fuertes.</p>
	VIII	<p>Creación de corredores biológicos</p>	<p>Protección de belleza escénica, áreas de recarga acuífera así como flora y fauna.</p>	<p>MUY SEVERAS: Cualquier categoría de parámetros limitantes.</p>

Fuente: Análisis con base en el Decreto No.23214-MAG-MIRENEM, publicado en la Gaceta No.107 del 06 de junio de 1994.

En la **Figura 61 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de Categorías de Capacidad de Uso de la Tierra según la metodología convencional del MAG – MIRENEM (1995). La categoría II se presenta en las zonas de menor relieve del cantón, en los sectores central este y noreste del cantón. Por su parte, la Categoría III se presenta en el sector noroeste, central oeste – central y sureste del cantón.

La Categoría V se presenta en relación con el relieve asociado al sector de exposición de la Formación Barva (Miembro Bermúdez). Por su parte, la Categoría VII de aptitud forestal, se presenta asociado a las zonas de cañones de los ríos.

Finalmente, la categoría VIII se asocia a la zona de humedal en el sector norte del cantón.

4.3 Mapa del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) - Edafoaptitud

El mapa del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) - Edafoaptitud para el área del estudio fue generado con base en las características de los diferentes tipos de suelos dentro del área de estudio.

En la **Figura 62 del Atlas de Mapas** se presenta en el Mapa de Tipos de Usos Agropecuario y Agrícola en el cantón de Belén.

El mapa del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) - Edafoaptitud se presenta en la **Figura 63 del Atlas de Mapas**. Este mapa fue elaborado conforme con el esquema presentado en la Tabla 4. 2

Como puede notarse del mapa de IFA – Edafoaptitud (Atlas de Mapas IFA), los terrenos con capacidad de uso de la tierra de categoría II – IV resultan en un porcentaje alto del área de estudio. Por su parte, los terrenos de categoría VII, abarcan un porcentaje bastante bajo del territorio en análisis, particularmente en las áreas de cañones de ríos.

Estos terrenos presentan esta condición debida, principalmente, a la pendiente del terreno.

Según la legislación vigente en el país, estos suelos califican como de aptitud forestal incluso si no presentan condiciones de cobertura boscosa. Dada esa aptitud quedan también cubiertos por las restricciones que para este tema establece la Ley Forestal, particularmente en lo referente al artículo 19.

Sin embargo, es importante señalar que, en algunos casos, dadas las condiciones de Geoaptitud de los terrenos, y considerando medidas técnicas apropiadas, el desarrollo de ciertas obras de ocupación humana en terrenos de estas zonas, que no presenten cobertura boscosa podría ser contemplado (ver Tabla 4.1), siempre que se respetaran las limitantes y condicionantes técnicas que se establecieran según criterios de fragilidad ambiental.

En la Tabla 4-3 siguiente se presentan las limitantes y potencialidades técnicas del Mapa de IFA Edafoaptitud.

Tabla 4-3 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Edafoaptitud

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
<p>Zonas de Muy Alta Fragilidad: Zonas de capacidad de uso VIII y VII. En el caso de la zona VIII se trata de zonas de humedales. La zona VII corresponde con zonas de alta pendiente, de aptitud forestal, vulnerables a procesos de erosión severa, de muy baja fertilidad.</p>	<p>Ambas zonas presentan limitantes MUY SEVERAS para el desarrollo de actividades agrícolas. En el caso de la zona de tipo VIII corresponde con humedales, que la legislación ambiental del país, establece como áreas silvestres protegidas. En el caso de la zona VII, son zonas de aptitud forestal y que, por tanto, deberían estar cubiertas por bosques naturales.</p>	<p>Tienen alto potencial para la conservación y protección de ecosistemas. Uso ecoturístico debidamente regulado. Educación ambiental. Investigación científica Desarrollo de corredores biológicos. En el caso de las zonas VII desprovistas de bosque, debe promoverse su regeneración natural.</p>
<p>Zonas de Alta Fragilidad: Zonas de capacidad de uso de la tierra de tipo V. Fertilidad muy baja. Relieve moderado.</p>	<p>Limitantes SEVERAS para el desarrollo de actividades agrícolas. Vulnerables a la erosión de moderada a severa. Suelos pedregosos predominan.</p>	<p>Aptos para el desarrollo de bosques plantados para producción de madera o el manejo del bosque natural. Pueden desarrollarse cultivos permanentes de frutales, aunque se requiere de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos.</p>

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
<p>Zonas de Moderada Fragilidad Suelos moderadamente profundos de fertilidad media. Relieve moderadamente ondulado con pendientes entre el 8 y el 15 %.</p>	<p>Limitantes FUERTES para el desarrollo de actividad agrícola, pero la misma es posible. Suelos pedregosos, con toxicidad moderada y salinidad leve. Vulnerables a amenazas naturales. Drenaje extremo, moderadamente lento o excesivo.</p>	<p>Aptos para el desarrollo de cultivos anuales restringidos con uso de prácticas MUY INTENSIVAS de manejo y conservación de suelos.</p>
<p>Zonas de Baja Fragilidad Ambiental Zona de capacidad de uso III. Suelos moderadamente profundos de fertilidad media. Relieves bajos, menores del 8 % de pendiente.</p>	<p>Limitantes moderadas para el desarrollo de actividades agrícolas. Erosión leve, suelo moderadamente pedregoso, salinidad leve, toxicidad moderada, riesgo de inundación y viento moderados. Drenaje extremo, moderadamente lento o excesivo.</p>	<p>Aptos para la actividad agrícola con el desarrollo de cultivos anuales, pero con restricciones vinculadas al uso de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos.</p>

Fuente. Datos propios.

5 Índice de Fragilidad Ambiental (IFA): Antropoaptitud

5.1 Aplicación práctica

Este componente del **Índice de Fragilidad Ambiental** incluye tres factores principales relacionados con la actividad de los seres humanos, a saber: (a) aspectos arqueológicos, (b) uso humano: urbano o rural y (c) paisaje y como anexo una memoria de desastre del cantón.

La presencia de un sitio arqueológico registrado por las autoridades de Museo Nacional se define automáticamente como de Muy Alta Fragilidad Ambiental, esto a fin de que se establezca una limitante de consideración prioritaria al momento de definir usos del suelo (ver apartado, Información Arqueológica del Cantón).

Los usos humanos, urbanos y rurales, se califican según su situación actual y de potencial expansión futura a corto y largo plazo.

Debido que en una fase posterior se califica si el uso actual del suelo es compatible o no con la fragilidad ambiental (sobreuso actual), en esta fase no se hace esa valoración. Por esta razón, los usos humanos califican como de baja a muy baja fragilidad ambiental desde el punto de antrópico.

Para elaborar el mapa de IFA – Antropoaptitud nuevamente es clave el mapa de uso actual del suelo, nada más que en este caso, se califican los terrenos ocupados por actividades humanas de diverso tipo: urbanas residenciales baja, media y alta densidad, comerciales, industriales, mineras, o de tipo rural: actividades agrícolas diversas, con cultivos anuales o permanentes, plantaciones de monocultivos, invernaderos, pastos para ganadería, pastos con árboles dispersos y charrales, entre otras actividades. Tampoco aquí, como en el caso de Bioaptitud se realiza una investigación sistemática para caracterizar ese tipo de actividades, lo cual es un tema de evaluación ambiental de efectos acumulativos. Aspecto que, es analizado en una fase posterior de la metodología -ver adelante-.

Desde el punto de vista socioeconómico, como parte de la metodología se hace un inventario rápido de la población humana que habita el territorio en análisis y sus características principales: cantidad de hombres, mujeres, menores; número de trabajadores y desempleo. También se incluyen los datos de servicios públicos disponibles y una evaluación de los principales problemas sociales existentes.

Como parte de los mapas se incluye también la red vial y la localización de los poblados principales. No se incluye el tema de infraestructura y servicios, dado que este tema no se solicita y es analizado como parte del **Plan Regulador** propiamente dicho.

Paisaje, también se incluye como parte de la metodología, particularmente en la relación entre la topografía y el potencial paisajístico dentro de una cuenca visual.

Es un tema que todavía requiere desarrollo y establecimiento de lineamientos y normativas más claras.

5.2 Generalidades

El Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) Antropoaptitud evalúa los tipos de uso actual de suelo para un determinado terreno en función de sus posibles efectos negativos para el ambiente. Además, considera de una forma general, el valor histórico, así como estético de construcciones arquitectónicas y sitios arqueológicos.

La base más importante para la generación de la zonificación del IFA Antropoaptitud es un análisis del uso actual de suelo, basado en fotos aéreas complementado con un control de campo.

Además, también complementa esta información directa de los IFA, la consideración general de los aspectos sociales del AP y su entorno, es decir, su área de influencia social.

La información de IFA – **Antropoaptitud** incluye la información de sitios arqueológicos que pudieran encontrarse en sitios específicos dentro de fincas o espacios geográficos dados, pero si su localización general según los datos del Museo Nacional.

En este tema, el estudio de IFA puede orientar, dada la visión más integradora y general que tiene, acerca de los espacios geográficos en que dichos estudios requieren ser realizados, de previo al desarrollo de proyectos, obras o actividades.

Por lo anterior, y siguiendo los parámetros establecidos para la realización del IFA, se examinarán las características en cuanto uso y tendencia de la tierra en el Área del Proyecto (AP) y en los sitios aledaños al proyecto, caracterización de la población inmersa en el mismo, aclarando aspectos sociales en cuanto demografía, economía, y vivienda, así como detalles del uso de la tierra actual para el área de estudio.

Como complemento de la información poblacional que aquí se presenta, el Mapa de Uso Actual del Suelo, e imágenes satelitales de la tendencia del cambio de uso del suelo en los últimos quince años, donde además se pueden observar los tipos de cobertura vegetal, se señalan los tipos de uso del suelo por actividades humanas, incluyendo zonas de asentamiento humano del cantón de Belén, actividades agrícolas y agropecuarias.

5.3 Procesamiento y análisis de la información recolectada

El procesamiento de la información que se obtuvo con el trabajo de campo consistió fundamentalmente en la elaboración de una base de datos en un programa de cómputo y para tal fin se utilizó el programa Microsoft Excel®, en el cual se crearon las celdas que permitirían realizar la segunda etapa del procesamiento: la digitación o captura electrónica de los datos recopilados en el sector de análisis durante el trabajo de campo.

Una vez presentados los aspectos metodológicos para la realización del presente capítulo, se procederá a realizar el análisis de los distintos componentes del mismo, iniciando con una breve caracterización demográfica, social y económica del Cantón de Belén.

5.4 Información Arqueológica

El presente apartado ofrece una revisión de la situación de los sitios arqueológicos hallados en el Cantón de Belén.

Se parte de una revisión de la legislación vigente y de los antecedentes para la zona de estudio, a partir de la revisión de fuentes, se ofrecen recomendaciones en aras de prevenir que estos bienes patrimoniales sufran impactos negativos y sean considerados en los Planes de Ordenamiento Territorial (POT).

5.4.1 Legislación sobre Patrimonio Arqueológico

Costa Rica es uno de los países latinoamericanos que se ha preocupado por el tema de la protección de los recursos arqueológicos ⁽²⁾.

Este interés se hace palpable en todos los tratados internacionales que en esta materia han sido ratificados por el Estado costarricense y en la promulgación de leyes que datan de principios del siglo anterior.

Desde 1938, el Estado ha buscado proteger los objetos arqueológicos precolombinos del saqueo y nacionalizar monumentos y otros restos de importancia artística, histórica y científica (Ley N° 7 del 6 de octubre de 1938; Decreto N° 14 del 20 de diciembre de 1938, Reglamento a la Ley N° 7). Para finales de los años setenta, funcionarios públicos y profesionales en la disciplina de la arqueología ponderaron que la Ley N° 7 era insuficiente, por lo que promueven y logran la promulgación de un nuevo instrumento legal, en aras de limitar la destrucción de sitios arqueológicos y de regular la investigación. En esta coyuntura entra en vigencia la Ley N° 6703.

Con esta normativa, el Estado confiere responsabilidades alrededor de la protección al patrimonio cultural y sobre la supervisión de investigaciones arqueológicas al Museo Nacional de Costa Rica, a la Comisión Arqueológica Nacional y a la sociedad civil. Establece sanciones a quienes destruyan o alteren monumentos arqueológicos.

Se amplía la definición del patrimonio arqueológico nacional para abarcar el contexto ⁽³⁾ en donde se halla la evidencia arqueológica. En un anexo de esta Ley se crea la Comisión Arqueológica Nacional.

Posteriormente, en 1999, debido a que no existía un reglamento que normara los trámites arqueológicos, se promulga el Decreto N° 28174-MP-C-MINAE-MEIC, instrumento complementario a la Ley N° 6703 que rige la práctica profesional de la disciplina. En él se establecen las definiciones y procedimientos para los trámites arqueológicos por etapa de investigación.

² ver Legislación ambiental nacional.

³ Concepto que permite establecer la relación que determinadas evidencias arqueológicas tienen entre sí y con el entorno natural (Fonseca 1992:251)

Con la promulgación de la Ley Orgánica del Ambiente, en 1995, se crea la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) y se establecen los requisitos de los primeros estudios de impacto ambiental para el otorgamiento de viabilidad a los proyectos de gran complejidad.

En este sentido, el Museo Nacional logra que la SETENA solicite en los estudios de impacto una valoración de los aspectos arqueológicos como un anexo. Entre 1996 y 1999, con el afán de prevenir la afectación de patrimonio arqueológico reportado, recae en los desarrolladores realizar la consulta sobre la existencia de yacimientos arqueológicos en la base de datos del Museo Nacional de Costa Rica.

No obstante, la base fue creada con fines de medir el desempeño de la investigación arqueológica, razón por lo que presentaba limitaciones técnicas para constituirse en una herramienta efectiva en cuanto al manejo de recursos culturales. A partir de esta base de datos el Museo Nacional cuelga en internet la denominada Orígenes, la cual en estos momentos está bajo de revisión.

Para 1999, en la SETENA se interpreta que el componente arqueológico, por su naturaleza, no formaba parte del ambiente natural, por lo que se le excluyó de los estudios de impacto ambiental. Dado que el Estado no deseaba desproteger el patrimonio arqueológico, se crea el clima necesario para promulgar el Decreto N° 28174-MP-C-MINAE-MEIC, el cual contó con una férrea oposición de instituciones como el Museo Nacional, el Ministerio de Cultura y la Universidad de Costa Rica.

Es importante, señalar, que empresas del ramo de la construcción siguieron realizando estudios arqueológicos de manera voluntaria. Si bien la SETENA ya no los solicitaba, estas empresas estaban aprensivas a alterar o destruir bienes arqueológicos y se mostraban preocupadas por las sanciones que establece la Ley N° 6703.

Tampoco querían incurrir en atrasos por la paralización de obras en aquellos lugares en los que pudiera existir algún tipo de evidencia arqueológica.

En noviembre del 2005, con el Decreto 32712-MINAE, se establece el trámite de inspección rápida arqueológica, como un estudio necesario para obtener la viabilidad ambiental mediante el llenado del formulario D1, para los proyectos que ocuparan espacios mayores a 1000 m².

Otra herramienta disponible para proteger sitios arqueológicos ha sido la Ley N° 7555. Herramienta que permite al Estado declarar como Monumentos Histórico-Arquitectónicos a sitios, rasgos o estructuras arquitectónicas ya sea precolombinas o de períodos posteriores.

Por otra parte, varios cantones han sido declarados de interés arqueológico, a saber: Turrialba (Decreto Ejecutivo N° 14557-C del 31 de mayo de 1983), Carrillo (Decreto Ejecutivo N° 20934-C del 17 de enero de 1992) y Osa (Decreto Ejecutivo N° 23512-C del 19 de agosto de 1994).

Asimismo, a Isla San Lucas fue declarada sitio histórico e incorporada al registro de patrimonio histórico del país (Decreto Ejecutivo N° 30714-C del 26 de septiembre de 2002).

5.4.2 Antecedentes Arqueológicos

5.4.2.1 Arqueología del Valle Central

El cantón de Belén se ubica en la Región Arqueológica del Valle Central, la cual ha sido objeto de estudios científicos arqueológicos por más de 120 años.

En los archivos del Museo Nacional existen informes de finales del siglo XIX y la primera parte del siglo XX, en donde Fernández Feraz y Anastasio Alfaro, documentan principalmente los objetos comprados o recuperados.

Estos trabajos estuvieron orientados a la excavación de cementerios y la recuperación de artefactos, por lo que son de tipo descriptivo e historicista como se demuestra en las excelentes contribuciones de Hartman (1901) y Lothrop (1926).

Cabe señalar, la exigencia de un informe donde se detallan los resultados de una excavación de un cementerio en San Ramón, donde se hallaron en un enterramiento una gran cantidad de granos asociados a la tumba; así como de los hallazgos realizados en el Parque La Sabana.

Durante la primera mitad del siglo XX, las investigaciones arqueológicas estuvieron marcadas por el coleccionismo.

La estrategia de los investigadores fue establecer alianzas con huaqueros y la compra de artefactos era una práctica común.

Unos ejemplos claros de este tipo de trabajo lo encontramos en Lines (1934) y Stone (1966), donde hacen intentos por sintetizar información sobre las características estilísticas de artefactos provenientes de varios sitios.

Para los años setenta, con la apertura de la carrera de Arqueología en la Universidad de Costa Rica, se empieza una etapa de investigación más científica. Aguilar (1972, 1975) sienta las bases para la definición de la secuencia cronológica para el Valle Central, la cual todavía es utilizada.

Arias y Chávez (1985), por su parte, establecieron un marco general de referencia en donde caracterizan asentamientos precolombinos, artefactos y su temporalidad de manera básica y simple.

Posteriormente, en la década de los ochenta se proponen estudios de carácter regional y subregional, como es el caso de los proyectos “Gran Área Metropolitana” (León 1981; Rojas 1989) e “Introducción a la Arqueología de Santo Domingo de Heredia” (Arrea 1987).

Con la promulgación de la Ley Orgánica del Ambiente en 1995 y del Decreto de Trámites Arqueológicos, se inicia una etapa en donde la iniciativa privada comienza a financiar estudios a fin de prevenir la destrucción de sitios arqueológicos.

Bajo esa coyuntura se intensifican los trabajos de inspección, evaluación y excavación en todo el país, especialmente en el Valle Central.

Nuestra historia antigua comprende un lapso que va desde 12 mil años a.C., hasta la llegada de los españoles en 1492 d.C.

Este ha sido dividido en periodos establecidos de acuerdo con los cambios que experimentaron los grupos humanos que habitaron nuestro territorio.

Estos cambios toman en consideración aspectos de tipo económico, sociopolítico, religioso y se denominan Modo de Vida. Los cambios se manifestaron en la cultura material dejadas por estos grupos humanos ahora extintos, los cuales sobrevivieron a la acción del tiempo, de agentes naturales y del ser humano.

Esto permite a los investigadores reconstruir cómo eran, cómo vivían estas poblaciones antiguas y cuáles eran sus creencias. A continuación, se presenta una caracterización de la periodización propuesta para la zona bajo estudio.

Para la zona del Valle Central se han registrado alrededor de 600 yacimientos arqueológicos, durante los últimos 100 años de investigaciones. Estos sitios son evidencia que dejaron las sociedades que habitaron en la región.

A partir de estas reminiscencias se ha podido reconstruir nuestro pasado antiguo. No obstante, todavía existen vacíos de información que se podrán ir llenando, en la medida en que se logre recuperar la mayor cantidad de datos posibles.

Sin embargo, esta información se pierde todos los días, debido al proceso expansivo de nuestras ciudades.

En este sentido, con la inclusión del componente arqueológico dentro de los estudios de impacto ambiental, se espera prevenir un impacto negativo sobre estos bienes patrimoniales y contribuir al conocimiento sobre estas sociedades extintas.

Tabla 5-1 Secuencia cronológica (tomado de Corrales 2002)

Período	Ubicación Temporal
Paleo indio	10.000 a 8.000 a.C.
Arcaico	8.000 a 2.000 a.C.
Barva	2.000 a 500 a.C.
Pavas	500 a.C.- 300 d.C.
Curridabat	300 – 800 d.C.
Cartago	800 – 1550 d.C.

El territorio de nuestro país ha sido dividido en regiones geográficas. Las regiones se distinguen porque comparten límites geográficos naturales, como las cadenas montañosas, ríos y valles. Estas regiones son: Pacífico Norte, Pacífico Central, Pacífico Sur, Valle Central, Atlántico Norte, Atlántico Central y Atlántico Sur.

La zona bajo estudio se ubica en el Valle Central.

A continuación, se presenta un resumen de los modos de vida que caracterizan cada período de la secuencia establecida.

5.4.2.2 Período Paleoindio (10.000 - 8000 a.C.)

Durante este lapso se cree que los grupos humanos se organizaban en bandas nómadas, en donde las prácticas de subsistencia involucraban la cacería de fauna pleistocénica ⁽⁴⁾.

Estos grupos se establecían en campamentos estacionales. Para el Valle Central se conocen sitios paleontológicos, como Quebrada Cangrejo y Rodríguez, con restos redepositados de megafauna pleistocénica, sin que se haya encontrado asociación directa o indirecta a actividad humana.

5.4.2.3 Período Arcaico (8000-2000 a.C.)

Durante este período los modos de vida de los grupos humanos eran nómadas, en donde la cacería y la recolección de alimentos favorecieron la aparición de la agricultura y domesticación de animales. Los grupos se ubicaron en pequeños asentamientos temporales.

Para la región no se cuenta con información de este lapso. La evidencia cultural más temprana que se tiene es una punta de proyectil estilísticamente vinculable al Período Arcaico pero sin mayor escrutinio especializado, recuperada en el sitio Aurora (UCR-99) (Arias y Chávez 1985).

⁴ La cual incluye especies de gran tamaño así como animales extintos como mastodontes, tigres dientes de sable.

5.4.2.4 Período Barva (2000- 500 a.C.)

Las primeras ocupaciones agrícolas en el Sur de Centroamérica corresponden a la era precerámica, alrededor de 5000 a.C. (Ranere y Cooke 1991, 1996). La evidencia más temprana disponible para el Valle Central se asocia al Período Formativo Medio Tardío, representada por cerámica adscrita a lo que se denomina Fase Barva (1500-500 a.C.).

Este periodo se caracteriza por la aparición de agricultura y alfarería. Estos cambios tecnológicos propiciaron un cambio a nivel de patrones de asentamiento.

Los grupos humanos cambiaron un estilo de vida seminómada por un modelo de organización aldeana y tribal. Los sitios registrados indican ocupaciones alrededor de lagunas, zonas anegadas e islas.

La cerámica se caracteriza por poseer una decoración en líneas anchas, presenta en algunos casos impresiones de concha, predomina un engobe color rojizo que puede observarse en los bordes o en todo el artefacto. Las formas predominantes incluyen tecomates, cuencos, escudillas y ollas globulares.

Muestras pequeñas de alfarería Barva han sido halladas en varios sitios arqueológicos, entre ellos: Uruca (SJ-38 Ur), CENADA (H-26 CN), Vigui (UCR-335), Tururún (UCR-328) y Yurusti-2 (UCR-341) (Vázquez et. al. 1993). A la fecha no se ha podido localizar sitios uní- componentes ni rasgos culturales correspondientes a dicha fase.

5.4.2.5 Fase Pavas (500 a.C.- 300 d.C.)

Para esta época la sociedad se organizaba en aldeas tribales, en donde se dan diferencias de rango social.

Los asentamientos humanos se ubican en zonas con suelos muy fértiles. La subsistencia de los grupos humanos fue mixta, se basa principalmente en la agricultura, aunque se explotan también la pesca, caza y recolección.

El patrón de asentamiento del período sugiere la preferencia por zonas que cuenten con la presencia de fuentes de agua cercanas y de suelos no expuestos a inundaciones o deslizamientos.

Los entierros por lo general se ubican en zonas cercanas a los asentamientos habitacionales. Los tipos de tumbas conocidos son variados, incluyendo enterramientos de fosa simple o tumbas en forma de campana o botella, o tumbas marcadas por un pequeño túmulo de cantos de río.

La disposición de los restos humanos se conoce poco debido a la poca preservación de restos humanos en los contextos excavados. El ajuar funerario incluye vasijas cerámicas, artefactos líticos ⁽⁵⁾ y artefactos de jadeíta. Con respecto a la industria cerámica las formas más características es la ovoide, el uso de engobe en zonas, patillaje y de pintura morada.

En contextos asociados a cerámica de la Fase Pavas (300 a.C. – 300 d.C.) se han excavado pisos de arcilla, pozos de almacenamiento y/o tumbas de recámara subterránea con entrada angosta en los sitios Pavas (UCR-68), urbanización Rohrmoser (SJ-38 UR), IMBIO (H-44 Im), CENADA (H-26 CN), Finca Mayorga (H-53 FM), La Cubilla (SJ-54 LC), Doña Lola (H-35 DL) y Cariari (UCR-3), entre otros (Vázquez et. al. 1993, Artavia 1998 y León et. al. 2000).

Una gran cantidad de sitios arqueológicos registrados en el Valle Central presentan materiales que corresponden a esa fase, con espectros de restos culturales superiores a 1 Km².

Sin embargo, queda por probar si la ocupación fue constante o la evidencia corresponde a prolongados lapsos con movimiento de áreas de asentamiento.

⁵ Tales como metates, hachas, manos de moler, objetos de jadeíta, concha, etc.

5.4.2.6 Fase Curridabat (300-800 d.C.)

Las sociedades se hacen más complejas después de que se consolida la producción de alimentos, lo cual se refleja en la economía, sociedad y cultura. En los enterramientos de este período se pueden observar diferencias de rango social.

Para este lapso las viviendas, los caminos y los enterramientos son construidos con cantos rodados. La industria cerámica se distingue por el uso de pastas arenosas, decoración incisa y aplicaciones de pastillaje.

También se representa el motivo del lagarto en vasijas trípodes. Con respecto a la Fase Curridabat (300 – 800 d.C.), se tiene evidencia de rasgos arquitectónicos en el sitio La Fábrica (A-10 LF) y cementerios marcados con cantos rodados en los sitios CENADA (H-26 CN), Finca Mayorga (H-53 FM), El Rincón (A-11 ER), La Itaba (SJ-79 LI), La Asunción (H-102 LA), La Rivera (H-33 LR), entre otros (Vázquez et. al. 1993).

5.4.2.7 Fase Cartago (800 - 1550 d.C.)

Para este período las sociedades alcanzan un alto nivel de complejidad socio cultural.

La evidencia de la Fase Cartago (800 – 1550 d.C.) se ha encontrado principalmente vinculada a cementerios de las denominadas tumbas de cajón.

Algunos sitios conocidos en el Valle Central que poseen obras arquitectónicas son Castela (UCR- 187) y Agua Caliente (C-35 AC) (Lobo Valerio 1989, Vázquez et. al. 1993 y Solís y Hernández 1999).

Es importante señalar que en la zona bajo estudio los registros de esta fase son menos frecuentes, si se comparan con sitios del Valle de Cartago (Lobo Valerio 1989), Turrialba (Kennedy 1968 y Aguilar 1972) y la Línea Vieja (Guápiles - Siquirres) (Snarskis 1976 y 1978).

5.4.2.8 Reseña Historia

De acuerdo con los cronistas los primeros habitantes del cantón Belén, fueron huetares; territorio que en los inicios de la Conquista formaba parte de los territorios del cacique Garabito.

En 1791, se menciona que en la hacienda Potrerillo o Potrerillos se estableció un pequeño asentamiento, donde posteriormente se erigió una gruta en honor a la Virgen de la Asunción.

Sin embargo, con el paso de tiempo los vecinos comenzaron a desplazarse hacia el oeste del mismo, conformando la ciudad de San Antonio.

El nombre de Belén se debe a Monseñor don Joaquín Anselmo Llorente y Lafuente, que, por coincidencia, estuvo en San Antonio en dos oportunidades consecutivas; la primera vez en 1858, celebrando en ambas ocasiones la misa de medianoche, donde indicó que, si la Providencia había dispuesto que ofreciera esas misas de medianoche, él seguiría llamando al lugar San Antonio de Belén.

La primera ermita se construyó en 1856.

En 1800 se construyó la primera escuela.

En 1919 se inauguró un colegio de las Hermanas Salesianas.

En ley No. 15, del 8 de junio de 1907, don Cleto González Víquez le otorgó el título de Villa a la población de San Antonio.

En ley No. 4574 del 4 de mayo de 1970, se promulgó el Código Municipal, que en su artículo 3°, le confirió a la villa la categoría de Ciudad, por ser cabecera de cantón.

5.4.3 Sobre el cantón de Belén

5.4.3.1 Sitios arqueológicos registrados

Este cantón fue objeto de un estudio preliminar tendiente a realizar un inventario de todo su patrimonio arqueológico en el 2002, por parte del bachiller José Martín Sánchez. De acuerdo a la Base de datos del Museo Nacional denominada Orígenes, en este cantón se han registrado 17 yacimientos antiguos (Ver Tabla 5-2 y Figura 5-1). Estos hallazgos son el resultado de varias investigaciones.

En la mayoría de los sitios estos los sitios no han sido objeto de investigaciones profundas, por lo que el estado de conocimiento arqueológico del cantón es muy parcial e incompleto.

Dado lo anterior en términos de medir el grado de fragilidad del patrimonio en el cantón de Belén, se debe señalar que el mismo es alto, ya que existen en el cantón bienes patrimoniales que no son conocidos aun, mientras que los que sí han sido registrados han sido poco estudiados. Los yacimientos mejor conocidos son:

CENADA: este yacimiento ha sido excavado en diferentes oportunidades. Se trata de un sitio arquitectónico con estructuras en forma rectangular y elipsoidal, donde se identificaron fogones, zonas de basurero, pozos de almacenamiento, tumbas de cajón y hornos de las Fases Curridabat y Cartago. En 1987 se excavó un piso de arcilla asociado a la Fase Pavas 300 a.C. a 300 d.C.

Cariari (UCR-3): fue registrado por el arqueólogo Calos Aguilar Piedra, quien llevo a cabo tres temporadas de excavación donde se excavaron varias tumbas de paredes de cantos de río y se recuperaron artefactos.

Doña Lola (H-35DL): Este sitio evidencio varios pisos de arcilla cosida de la Fase Pavas 300 a.C a 300 d.C., hornos, tumbas de botella y pozos de almacenamiento.

Castella (UCR-84): Este yacimiento presenta varias estructuras entre ellas una calzada.

Ribera (H-33 LR): La Ribera estaba constituido, por conjuntos de viviendas circulares y rectangulares con una pequeña plaza posiblemente para actividades comunales, además de áreas funerarias dentro y fuera de las unidades habitacionales.

Tabla 5-2 Información básica sobre los yacimientos registrados en el cantón de Belén

NOMBRE SITIO	CLAVE SITIO	TIPO DE SITIO	TEMPORALIDAD	ÁREA ESTIMADA (M ²)
Cariari	H-134 Cr	habitación/ Funerario	300 a.C. a 1550 d.C.	sin dato
Castella	H-140 Ca	sin dato	300 a.C. a 1550 d.C.	sin dato
Ana Isabel	H-147 Al	habitación/ Funerario	300 a.C. a 300 d.C.	sin dato
Bonanza	H-143 Bn	Basurero	sin dato	sin dato
La Ribera	H-33 LR	Funerario	300 a 1550 d.C.	sin dato
Peña	H-51 Pe	Habitación	300 a.C. a 300 d.C.	sin dato
Doña Lola	H-35 DL	habitación/ Funerario	300 a.C. a 300 d.C.	50000
Doña Elia y Don Chanel	H-87 ECh	Habitación	300 a.C. a 300 d.C.	120000
La Botijuela	H-89 LB	habitación/ Funerario	300 a.C. a 1821 d.C.	sin dato
San Vicente	H-90 SV	Habitación	300 a 800 d.C.	40000
El Muro	H-91 EM	habitación/ Funerario	300 a.C. a 1821d.C.	850000
El Puente	H-92 EP	habitación/ Funerario	300 a.C. a 1550 d.C.	1800000
Vereda del Río	H-93 VR	Habitación	300 a 1550 d.C.	30000
Puerta de Alcalá	H-94 PA	Habitación	800 a 1550 d.C.	240000

5.5 Características de la población ubicada en el Cantón de Belén

Tal y como se indicó en el apartado introductorio del presente capítulo, el sector de análisis corresponde al Cantón de Belén (provincia de Heredia), razón por la cual a continuación se reseñarán algunos indicadores básicos respecto a la situación existente en dicho territorio y su comparación con datos provinciales y nacionales, aspecto que permitirá determinar algunas características de la población que reside en la zona.

Para facilitar la lectura de los datos, los mismos se presentarán en el formato de cuadros estadísticos.

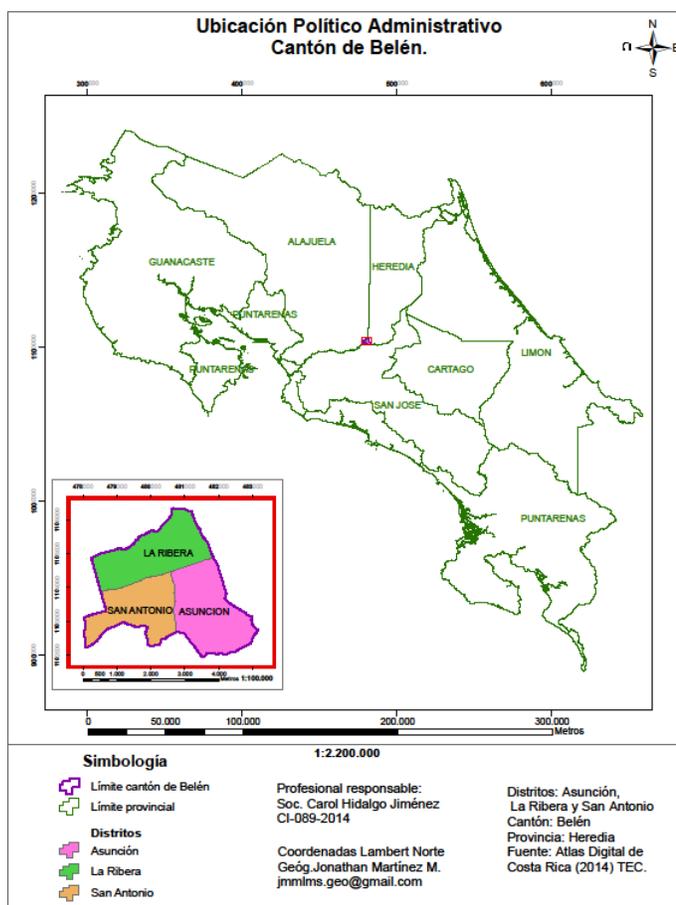


Figura 5-2 Ubicación Político Administrativo del Cantón de Belén

5.5.1 Características demográficas

Costa Rica, un pequeño país del Istmo Centroamericano con una población total de 5 057 999 habitantes para junio de 2019, conformado por siete provincias, San José (capital), Alajuela, Cartago, Heredia, Alajuela, Puntarenas y Limón.

La provincia número cuatro es Heredia tiene 10 cantones y 47 distritos, posee una extensión territorial de 2 656,98 km² con una población de 512 172 habitantes, según datos del Censo Nacional de 2011, posee el 10,08% de la población total del país y una densidad de 169 hab/km².

Tabla 5-3 Población total por sexo según cantón, provincia y país (%)

Sexo	Territorios		
	Cantón Belén	Provincia Heredia	Total Nacional
<u>Total</u>	<u>100.0</u>	<u>100.0</u>	<u>100.0</u>
Hombres	49.4	49.7	49.9
Mujeres	50.6	50.3	50.1

Fuente :Elaboración propia, datos INEC 2011

Un primer indicador a analizar es el relacionado con la distribución de la población por sexo del cantón de Belén según los datos obtenidos en el INEC, el Cantón mantiene la tendencia provincial y nacional de poseer un mayor porcentaje de población femenina en comparación con la población masculina, tal y como se aprecia en la tabla anterior.

Un segundo elemento a considerar en el ámbito demográfico del Cantón es el relacionado con la distribución de las viviendas por zona de residencia (urbano/rural). En este caso, los datos obtenidos en el INEC permiten apreciar cómo el territorio analizado ha dejado de ser, en términos generales, un espacio con características rurales para asumir funciones más urbanas, dadas estas por las actividades habitacionales y comerciales, las cuales están presentes en todos los distritos del Cantón.

Así entonces se tiene que en las viviendas localizadas en la zona rural representan el 2.8% del territorio cantonal, cifra que está muy por debajo de las zonas urbanas que existen tanto en la provincia de Heredia (31.8%) como a nivel nacional (41.0%).

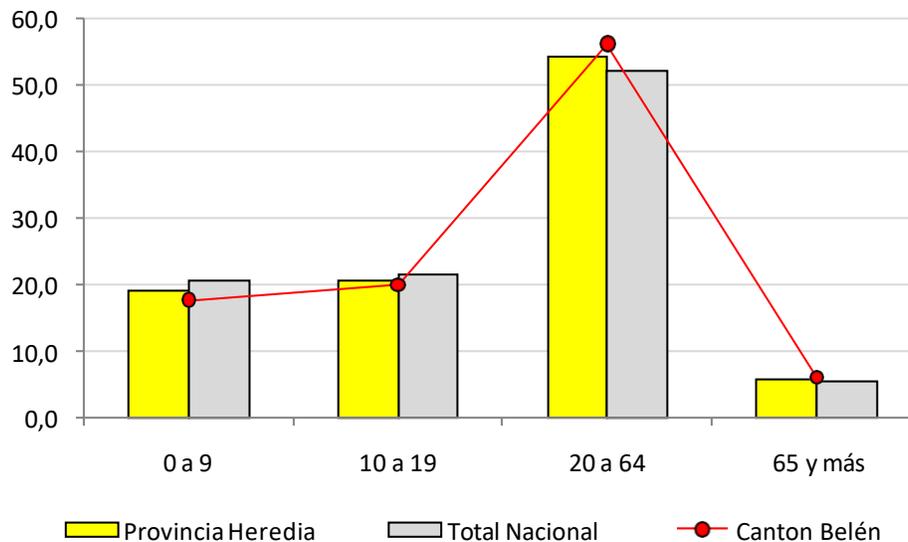
Lo anteriormente expuesto se manifiesta en otro de los indicadores demográficos a considerar: la densidad de población por kilómetro cuadrado.

En efecto, la densidad de población en el Cantón es de aproximadamente 816.2 personas por Km², dato que supera en mucho la densidad que se registra en la totalidad de la provincia de Heredia (169.08 hab/Km²), e igualmente supera la cifra para el país en su conjunto (95,70 hab/Km²) para junio de 2019.

En relación con lo anterior, se debe indicar que la densidad de población al interno del Cantón presenta variaciones significativas, ya que mientras en el Distrito San Antonio habitan 1461 personas por Km², en el Distrito Ribera lo hacen 681.9 hab/Km² y en el Distrito Asunción 435.2 hab/Km².

Respecto a la distribución de la población por grupos de edad, las estadísticas obtenidas en el INEC revelan que en los tres territorios (Cantón, provincia y país) se da un comportamiento homogéneo, con leves diferencias en lo que se refiere a las personas entre 20 y 64 años de edad, las cuales tienen una leve mayor presencia en Belén en comparación con la totalidad de la provincia de Heredia y del país en su conjunto, tal y como se observa en el Gráfico 5-1.

Gráfico 5-1 Población total por grupos de edad según cantón, provincia y país (%)



Fuente: Elaboración propia, datos INEC, 2011

Como parte del análisis demográfico del Cantón de Belén, se puede hacer mención de la nacionalidad de sus habitantes. En efecto, la presencia de población de nacionalidad extranjera, no nacionalizados como costarricenses, es mayor en el Cantón (9.3%) en comparación con los datos provinciales (8.0%) y nacionales (7.3%).

5.5.2 Características sociales

En lo que a aspectos sociales se refiere, en el Cantón de Belén el 12.5% de los habitantes no tiene acceso a los servicios de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), mientras que en la provincia de Heredia el dato es de 13.8% y en la totalidad del país de 18.2%.

Al interno de los distritos, en San Antonio el 12.0% de las personas no tiene cobertura de la CCSS, mientras que en el Distrito Ribera es donde se registra el dato más alto (14.2%) y en el Distrito Asunción el menor porcentaje de personas sin acceso a los servicios de la seguridad social (11.3%).

En tanto, a nivel del Cantón la tasa de discapacidad es de 4.1%, mientras que en la provincia la cifra es de 5.0% y en el país de 5.4%.

Al interno de los distritos, San Antonio posee un 4.0% de habitantes con algún tipo de discapacidad, mientras que es el Distrito Ribera en donde se observa el mayor registro de estas personas (5.0%) y en el Distrito Asunción el que menor porcentaje de personas con alguna discapacidad (2.8%).

Por otra parte, al apreciar los datos vinculados a la escolaridad de la población del Cantón de Belén, los datos del INEC indican que en dicho territorio el 2.2% de la población es analfabeta, cifra inferior a la que se registra tanto a nivel provincial (3.2%) y nacional (4.2%).

De igual forma, en lo que respecta a los años de escolaridad de las personas mayores de 5 años de edad, se tiene que, en promedio, los habitantes del Cantón de Belén tienen una escolaridad de 8.7 años, dato similar al de la provincia de Heredia (8.4 años) y superior al dato del país en su conjunto (7.5 años).

Otros indicadores que reflejan la situación de escolaridad del Cantón de Belén en comparación con la provincia de Heredia y el país en su conjunto se observan en la Tabla 5-4:

Tabla 5-4 Población mayor de 5 años de edad por indicadores de escolaridad según cantón, provincia y país (%)

	Territorios		
	Cantón Belén	Provincia Heredia	Total Nacional
Asistencia a educación regular	73.0	69.5	65.8
Asistencia básica	92.4	87.8	84.5
Secundaria o más	56.7	55.5	46.0

Fuente: Elaboración propia, datos INEC, 2011.

En síntesis, se puede indicar que “casi un tercio de la población de Belén son estudiantes de edades escolares y colegiales, dentro del cantón se encuentran 4 centros públicos de enseñanza y 5 privados, a saber: Escuela España, Escuela Fidel Chaves, Manuel del Pilar y Liceo de Belén.

Dentro de los centros educativos privados podemos mencionar: Escuela Mesoamericana, Escuela Santa Margarita, Escuela Costa Rica Academy, Colegio Santa Margarita y Panamerican High School. Estos datos no incluyen los maternos, pre-kinder y kinder privados”.

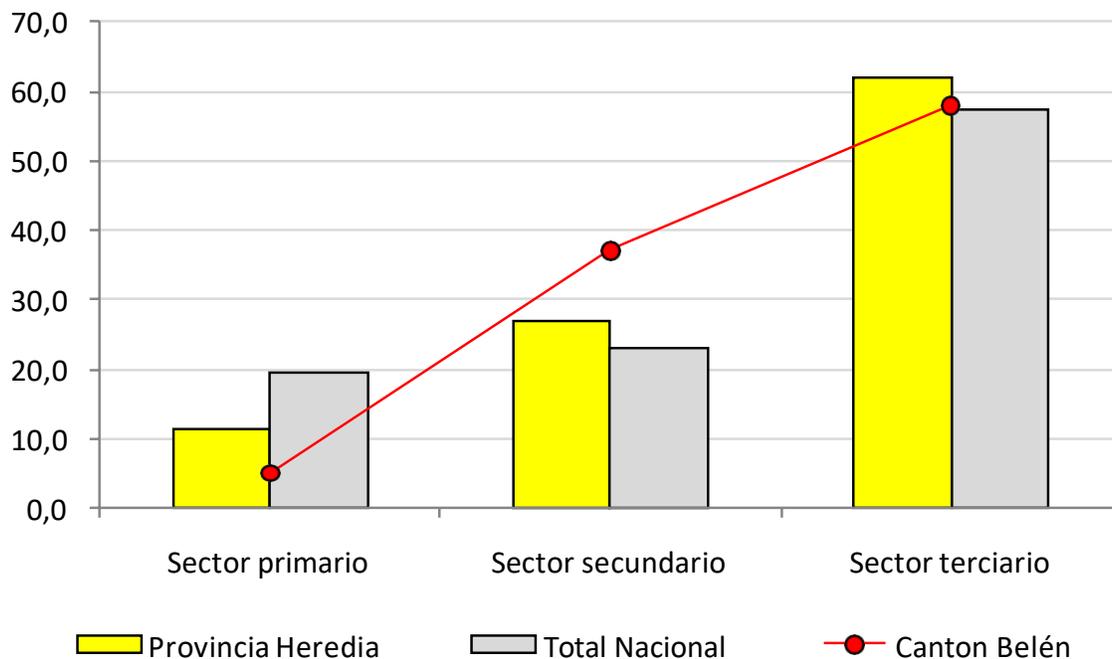
5.6 Características económicas

En el Cantón de Belén el 78.1% de la población tiene 12 años de edad o más, porcentaje superior al que se registra en la provincia de Heredia (76.4%) y en el país en su conjunto (74.8%).

Debe recordarse que este grupo de población es el que conforma la Población Económicamente Activa (PEA) y a nivel de desempleo, en el Cantón de Belén el 2.9% de la PEA es población desocupada, en tanto que en la provincia de Heredia el dato es de 3.7% y en la totalidad del país de 4.6%.

Al observar las estadísticas de empleo en el Cantón, según sector de la economía y su comparación con los datos provinciales y del país, la situación se observa en el Gráfico 5-2:

Gráfico 5-2 Población total por grupos de edad según cantón, provincia y país (%)



Fuente: Elaboración propia, datos INEC, 2011.

La anterior gráfica establece que en el Cantón las actividades del sector primario de la economía son mínimas, a diferencia de las que se desarrollan en el sector secundario y, particularmente, en el sector terciario de la economía, estando éstas al nivel de la totalidad del país y por debajo de la provincia.

Al respecto se debe indicar que dentro de las principales actividades económicas del Cantón de Belén “se destacan las actividades industrial, comercial y turística, lo cual puede ser fácilmente corroborable con solo observar las cifras siguientes:

73 industrias de las cuales 33 tienen un rango de empleados que va desde 250 hasta 2500, 326 comercios y tres hoteles cuatro estrellas y una serie de hoteles pequeños; además de Clubes Privados y Centros de recreación varios ⁹.

Por otra parte, en el Cantón de Belén el 17.0% de las personas que trabajan lo hacen en labores que no requieren ningún tipo de calificación, porcentaje inferior al que se registra en la provincia de Heredia (21.3%) y en el total del país (26.1%). Debe indicarse en ese sentido que las ocupaciones no calificadas comprenden actividades cuyas táreas principales requieren para su desempeño nulo o escaso conocimiento y experiencia.

Asimismo, son quehaceres generalmente sencillos y rutinarios realizados con la ayuda de herramientas manuales y para las cuales se requiere, en la mayoría de los casos, de un esfuerzo físico considerable.

5.7 Sitios Históricos

De acuerdo con el Ministerio de Cultura en el cantón de Belén se han registrado cuatro Bienes inmuebles, en Tabla 5-5, se ofrece un resumen de estos bienes.

Tabla 5-5 Bienes declarados BIC mediante Ley 7555.

Inmueble	Nombre Edificio	Ubicación	Declarado Patrimonio	Época Constructiva	Clasificación General
	Escuela Manuel del Pilar Zumbado	Heredia, Belén, Asunción	Si	1901-1950	Construcción

Inmueble	Nombre Edificio	Ubicación	Declarado Patrimonio	Época Constructiva	Clasificación General
	Antigua Estación del Ferrocarril	Heredia, Belén, San Antonio	Si	1901-1950	Construcción
	Antiguo Edificio Municipal	Heredia, Belén, San Antonio	Si	1901-1950	Construcción
No hay imagen	Antiguo Puente Río Quebrada Seca	Heredia, Belén, San Antonio	Si	1851-1900	Puente

5.8 Infraestructura Vial Disponible

El Cantón de Belén se caracteriza por disponer de una amplia red vial, compuesta por rutas nacionales, cantonales y vecinales, que comunican la zona con otros sectores de las provincias Heredia, Alajuela y San José. Al respecto, dicha infraestructura podría caracterizarse de la siguiente manera:

5.8.1 Zonas pavimentadas

Se trata de las rutas nacionales y algunas rutas cantonales, las cuales dan acceso y salida al Cantón de Belén y permiten su comunicación con otros cantones de las provincias de Heredia, Alajuela y San José.

En estos casos, la infraestructura vial está asfaltada, se encuentra en buen estado y cuenta con demarcación en algunos de sus tramos. De conformidad con la información aportada por el Municipio, entre un 70% y un 80% de éstas, se encuentran demarcadas.

Destaca dentro de este tipo de vías el tramo de la autopista General Cañas que está dentro del Cantón.

5.8.2 Zonas no pavimentadas

Referidos a algunas rutas cantonales y vecinales que están construidas con lastre y/o tierra.

Se trata particularmente de caminos internos de algunas comunidades y este tipo de vías de comunicación tienen presencia en los distritos Ribera y Asunción.

Según la información aportada por el Municipio, las vías no pavimentadas son aproximadamente 300 metros

5.8.3 Infraestructura peatonal

Otra de las características de la red vial del Cantón es la existencia en el casco urbano de éste de infraestructura peatonal, como por ejemplo aceras y semáforos peatonales.

Este tipo de infraestructura está presente en gran parte de los distritos.

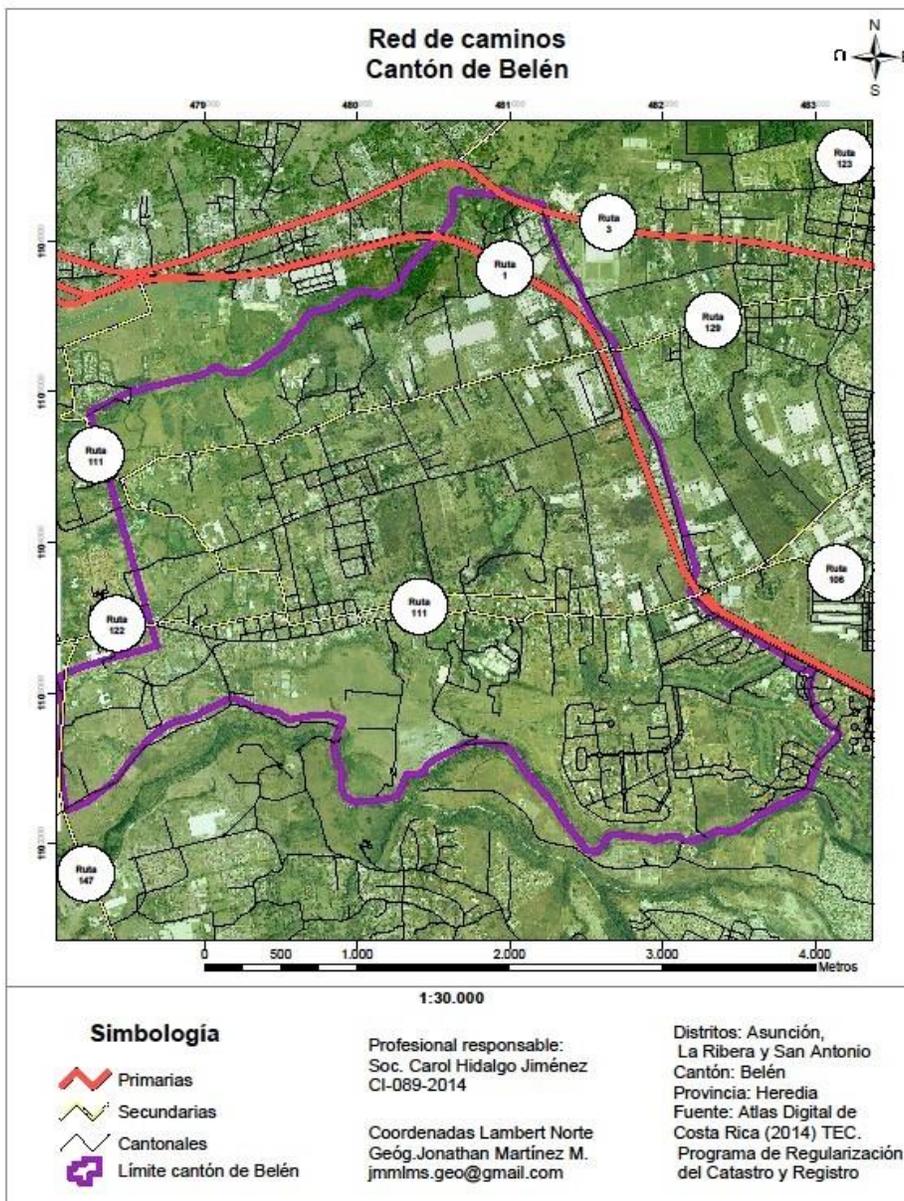


Figura 5-3 Red de caminos Cantón de Belén

Elaboración propia

5.8.4 Puentes sobre cuerpos de agua

Otra de las características de la red vial del Cantón es la existencia de una serie de puentes que permiten la comunicación entre poblaciones divididas por distintos cuerpos de agua (ríos, quebradas).

5.9 Descripción de zonas de uso de la tierra

Los patrones del uso de la tierra que se describen a continuación corresponden al entorno social del área de estudio.

Dichos patrones fueron identificados a partir de la aplicación de un instrumento de observación aplicado durante el recorrido por los distintos poblados del Cantón (ver Mapas), lo cual permitió realizar la siguiente clasificación:

5.9.1 Mapa de Uso Actual del Suelo



Figura 5-4 Imagen de uso actual de suelo del Cantón de Belén

Fuente: Contraposición de imágenes de Google Earth 2019 e Imagen del Banco Interamericano de Desarrollo 2005.

5.9.2 Zonas urbanizadas (ZU)

El uso habitacional del suelo está determinado por la existencia de las viviendas de las personas que viven de forma permanente en los distritos que integran el Cantón.

Por otra parte, de acuerdo a la base de datos de asentamientos en precario en Costa Rica creada por la Fundación Promotora de Vivienda (FUPROVI), en el Cantón de Belén no existen asentamientos en condición de precario.

En lo que a datos estadísticos del área de estudio se refiere, la situación relativa a la vivienda se puede analizar en términos de la evolución del régimen de tenencia y el acceso a los servicios básicos.

Respecto al régimen de tenencia de las viviendas, en el Cantón de Belén se observa el siguiente comportamiento: a nivel del Cantón en su conjunto, el 78.3% de las personas son propietarias de las viviendas o terrenos en los que habitan, aunque a nivel de distritos es en la Asunción donde se registra el porcentaje más alto de tenencia propia (82.1%), seguido por el Distrito San Antonio (80.8%) y finalmente el Distrito Ribera (71.2%).



Figura 5-5 *Fotos.1 y 2. Ejemplo de las zonas residenciales presentes en el Cantón de Belén*

Por su parte, los servicios básicos con que disponen las viviendas ocupadas en el sector de análisis, particularmente los referidos al abastecimiento de agua para consumo humano, sistemas para la disposición de aguas negras y servicio telefónico domiciliario, a partir de los datos obtenidos en el INEC se generaron los resultados que se presentan en la Tabla 5-6.

Tabla 5-6 Viviendas ocupadas por acceso a servicios básicos según cantón, provincia y país (%)

Tipo de servicio	Cantón Belén	Provincia Heredia	Total Nacional
Abastecimiento de agua vía acueducto	99.5	92.2	89.4
Tanque séptico y/o alcantarillado sanitario	98.1	93.8	89.4
Conectividad al servicio de electricidad	99.9	97.9	96.8
Sin acceso a servicio telefónico domiciliario (fijo)	74.0	64.7	54.3

Fuente: Elaboración propia, datos INEC, 2011

El anterior Cuadro anterior permite determinar que el Cantón de Belén supera en todos los indicadores analizados referidos a servicios básicos la situación existente tanto a nivel de la provincia de Heredia como del país en su conjunto.

5.9.3 Zonas de uso deportivo, recreativo y/o comunal (ZDRC)

Consiste en una serie de obras de infraestructura que son utilizadas por los habitantes de los poblados de los distritos del Cantón de Belén para socializar, entre las que destacan centros educativos (escuelas y colegios); gimnasios, plazas de fútbol y otro tipo de instalaciones deportivas; salones comunales y/o multiusos; templos religiosos (católicos y no católicos); sedes de los Equipos Básicos de Atención Integral en Salud (EBAIS).



Figura 5-6 Fotos 3 y 4. Ejemplo de la infraestructura comunal identificada en sector del Cantón

5.9.4 Zonas comerciales (ZC)

Referido a la existencia en el área de estudio de establecimientos comerciales que brindan bienes y servicios básicos a los residentes del sector, así como a los que se movilizan por el lugar.

Este tipo de zona se identificó en cada uno de los distritos del Cantón, en algunos de los cuales es más intensa (San Antonio), en tanto en que en otros es menos extendida (Ribera y Asunción).

5.9.5 Zonas industriales (ZI)

Algunas instalaciones de este tipo que se lograron identificar se ubican en distintos puntos del Cantón de Belén.

Destaca en este tipo de uso, la presencia de las instalaciones de INTEL y varias empresas dedicadas a la producción de distintos bienes y servicios.

5.9.6 Zonas de uso mixto

En el Cantón de Belén fue posible apreciar zonas de uso mixto del suelo, las cuales se pueden catalogar de la siguiente manera:

- a) Uso residencial y/o comercial. Se refiere a espacios en los cuales se entremezclan las actividades habitacionales con las comerciales, situación que se presenta particularmente en los sectores más poblados del Cantón, como por ejemplo en el Distrito San Antonio.
- b) Uso industrial y/o comercial. Gran parte de las instalaciones industriales que se identificaron en el Cantón de Belén se caracterizan por estar situadas en las cercanías de la autopista General Cañas.

- c) Uso residencial y/o agropecuario. Se trata de espacios en los cuales las actividades habitacionales se desarrollan en conjunto con las de carácter agrícola y pecuario. Este tipo de usos está presente en las inmediaciones de las zonas más alejadas de los distritos Ribera y Asunción.

5.10 Memoria histórica de desastres en Belén y ampliación de información de IFA Antropoaptitud

5.10.1 Introducción

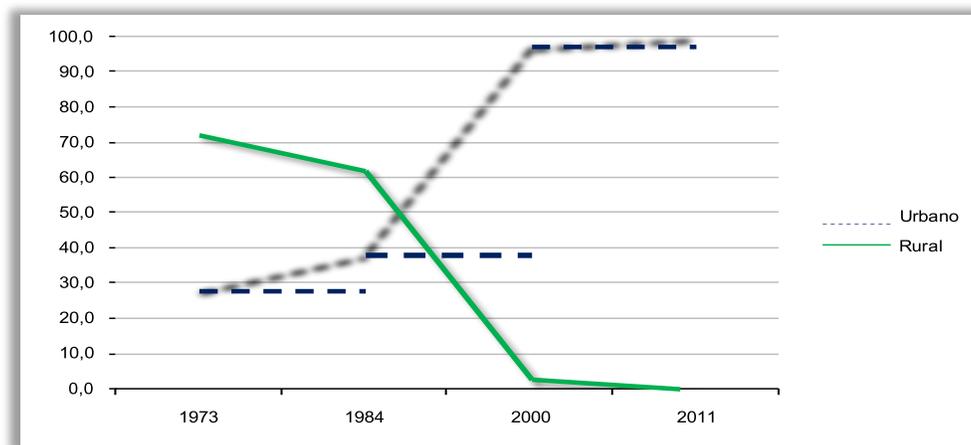
Se incluye como parte del estudio, en análisis de la memoria histórica de desastres (particularmente inundaciones) en el cantón, así como una encuesta de opinión.

5.10.2 Desarrollo urbano del cantón de Belén

El cantón de Belén ha experimentado un crecimiento urbano significativo en el período comprendido entre los años 1973 y 2011, al extremo de pasar de ser un territorio con vocación agrícola a un espacio dominado por las actividades urbanas e industriales.

Tal aspecto se evidencia con claridad al comparar las estadísticas de los censos nacionales de población y vivienda realizados en los años 1973, 1984, 2000 y 2011, como se observa en el Gráfico 5-3.

Gráfico 5-3 Evolución del crecimiento urbano en el cantón de belén entre los años censales 1973 y 2011(%)



Fuente: censos nacionales de población y vivienda 1973, 1984, 2000 y 2011

El Gráfico 5-3 permite visualizar la evolución y transformación que experimentó el cantón de Belén en lo que se refiere al uso de la tierra ya que para 1973 un 72.1% de la superficie cantonal correspondía a zona rural en donde se llevaban a cabo actividades agrícolas o pecuarias y tan sólo un 27.9% era territorio urbano.

Sin embargo, para el año 2011 prácticamente el 100% del territorio del cantón está dedicado a actividades urbanas, como son las de índole habitacional, comercial, prestación de servicios e industrial.

Entre los aspectos que han favorecido dicho crecimiento urbano del cantón de Belén se pueden señalar los siguientes (UNED, 2010):

Ubicación. El territorio del cantón de Belén se ubica en un espacio en el que convergen cantones de tres provincias diferentes: Santa Ana (San José), Alajuela (Alajuela) y Belén (Heredia).

Infraestructura vial. Además de la ubicación, el cantón cuenta con acceso a importantes vías de comunicación, como son:

i) la autopista General Cañas que le da acceso a la ciudad de San José así como al Aeropuerto Internacional Juan Santamaría;

ii) la radial a Santa Ana, que permite la comunicación con ese cantón, al igual que con el cantón de Escazú y más recientemente a la carretera N° 27 (Caldera);

iii) la carretera a la zona franca de la Aurora de Heredia. Todo lo anterior facilita que el cantón de Belén tenga relación directa con los principales centros de negocios y comerciales del centro del país.

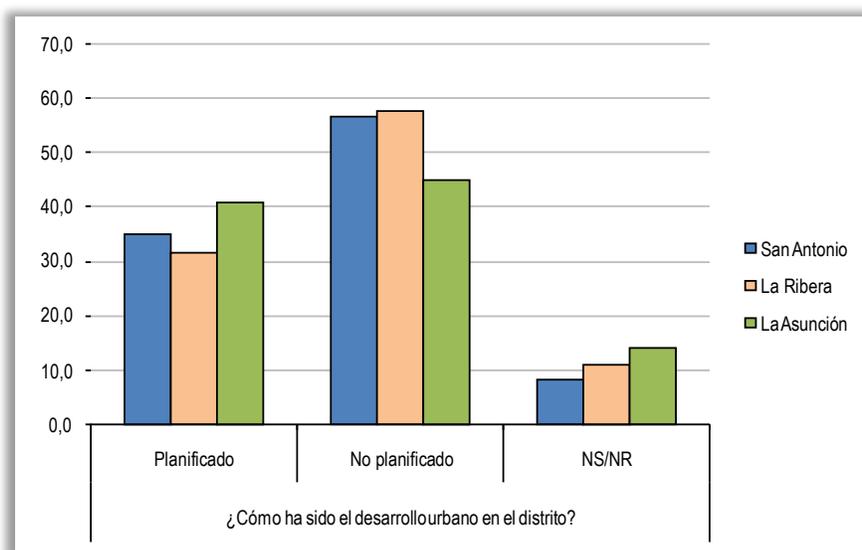
Gestión del Gobierno Local. Una de las principales características del cantón de Belén, que lo diferencian incluso de otros cantones del sector central del país, en la preocupación permanente de las distintas administraciones del Gobierno Local por prestar servicios básicos de calidad tanto a las personas como a las empresas asentadas en el territorio cantonal, lo que lo ha provocado que Belén cuente con estándares elevados de desarrollo.

Esos tres elementos han ayudado a la conformación del cantón como es espacio urbano, en el que coexiste el desarrollo habitacional en diversas modalidades (viviendas individuales, urbanizaciones, residenciales y más recientemente viviendas en condominio), la actividad comercial reflejada en aproximadamente 326 establecimientos y cerca de 73 industrias de diversa índole, de las cuales 33 tienen un rango de empleados que va desde 250 personas hasta 2500 personas (Municipalidad de Belén, 2013). A partir de ese crecimiento urbano del cantón, se consultó la opinión de las personas respecto a la situación, tanto del cantón en su totalidad, como en cada uno de los distritos que lo conforman.

Así, los resultados que se lograron recopilar con la encuesta permiten determinar que un 35.6% de las personas consultadas percibe que el desarrollo urbano del cantón de Belén ha sido planificado, mientras que un 53.8% considera que dicho desarrollo se ha hecho sin planificación y un 10.6% de las personas consultadas no supo o no quiso responder al respecto.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-4.

Gráfico 5-4 Percepciones de las personas consultadas sobre el desarrollo urbano en distritos del cantón (%)



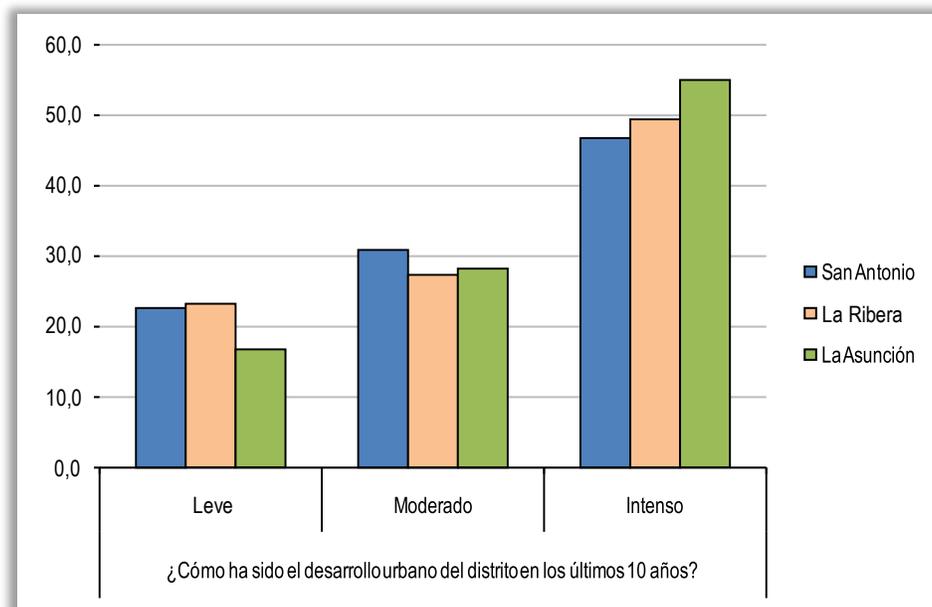
Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

El gráfico revela que, según la percepción de las personas consultadas, el desarrollo urbano en el distrito La Asunción ha sido más planificado que el de los otros dos distritos, mientras que para las personas consultadas en el distrito La Ribera éste es el espacio geográfico en el que se ha llevado a cabo un desarrollo urbano sin planificación.

Cuando se consultó a las personas respecto a cómo consideran que ha sido el desarrollo urbano del cantón en los últimos 10 años, un 21.2% de las personas perciben que dicho desarrollo ha sido leve, un 29.2% lo catalogó como moderado y un 49.6% señaló que el desarrollo urbano del cantón ha sido intenso.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-5:

Gráfico 5-5 Percepciones de las personas consultadas sobre grado del desarrollo urbano en distritos del cantón (%)



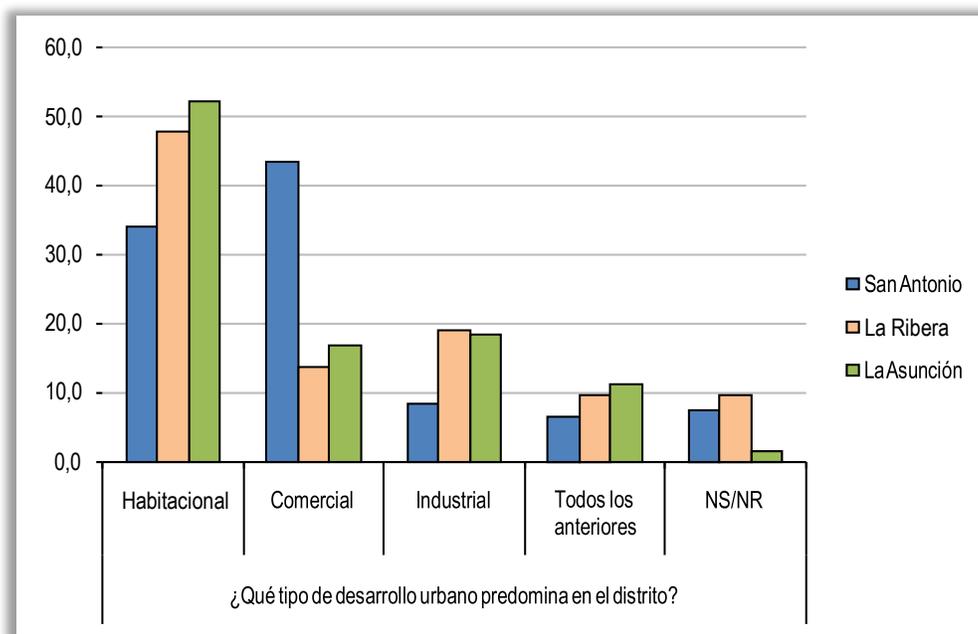
Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

El gráfico revela que las personas consultadas perciben que el grado de desarrollo urbano en los distritos San Antonio, La Ribera y La Asunción ha sido intenso, siendo en el distrito tercero (La Asunción) en donde se percibe mayoritariamente tal situación.

Al indagar cuál ha el tipo de desarrollo urbano que se ha dado con mayor énfasis en el cantón, un 42.8% de las personas consultadas mencionó el desarrollo urbano con fines habitacionales, un 28.0% indicó que el desarrollo comercial, un 14.1% hizo referencia al desarrollo industrial, mientras que un 8.7% consideró que en el cantón se han desarrollado conjuntamente las tres categorías (habitacional, comercial e industrial). Un 6.4% de las personas consultadas no supo o no quiso responder al respecto.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-6:

Gráfico 5-6 Percepciones de las personas consultadas sobre el tipo de desarrollo urbano en distritos del cantón (%)



Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

El gráfico revela que según la percepción de las personas consultadas, el desarrollo urbano con fines habitacionales ha tenido más énfasis en el distrito La Asunción, seguido por el distrito La Ribera y finalmente el distrito San Antonio, mientras que ha sido en éste último donde, según las percepciones de las personas consultadas, se ha dado un mayor desarrollo comercial, al tiempo que el distrito La Ribera y el distrito La Asunción son los que han experimentado un mayor desarrollo de actividades industriales en comparación con el distrito cabecera del cantón, San Antonio.

5.10.3 Desastres naturales en el cantón de Belén

A partir de la información consultada en la Municipalidad de Belén, particularmente en el Comité Municipal de Emergencias, el territorio del cantón cuenta con un historial de diversos eventos relacionados con desastres naturales, entre los que se pueden destacar los siguientes (Municipalidad de Belén, 2013):

Actividad sísmica. Se tienen registros de eventos en los años comprendidos entre 1851 y 1888, mismos que fueron generados por la denominada “Falla Alajuela”, localizada aproximadamente 7 kilómetros al Norte de San Antonio de Belén.

Deslizamientos. Se han documentado distintos tipos y grados de deslizamientos en los cauces del “Río Virilla”, “Río Bermúdez”, “Río Quebrada Seca” y “Río Segundo”.

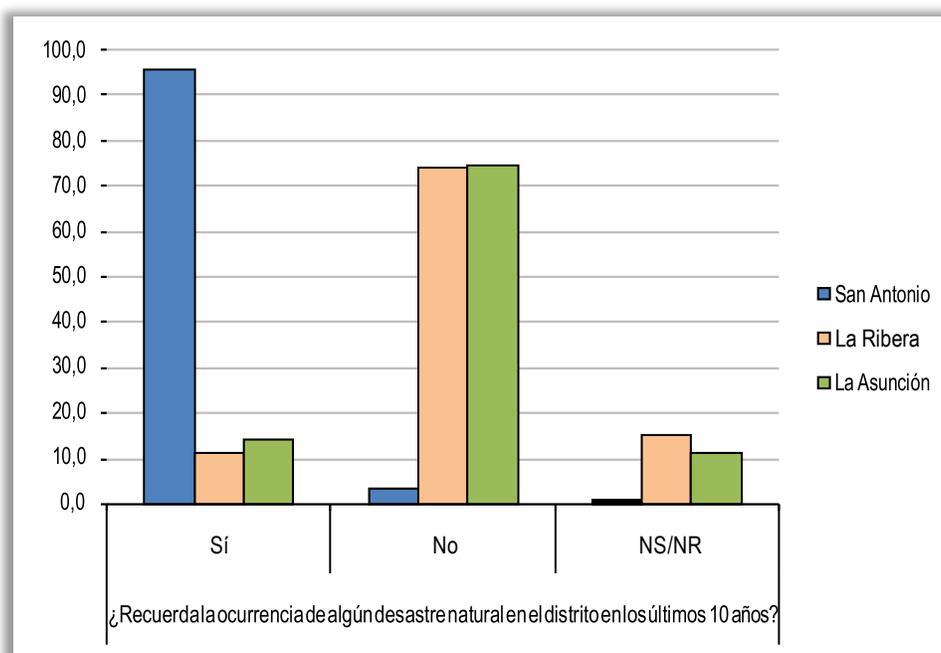
Inundaciones. Es quizá el tipo de desastre que se ha incrementado en los últimos años (principalmente a partir del año 2000) por el desbordamiento de distintos cuerpos de agua que atraviesan el cantón, especialmente del “Río Bermúdez” y el “Río Quebrada Seca”.

Así, para el mes de noviembre del año 2003 se registró un evento por inundaciones que afectó distintos barrios del cantón, entre los que destacan “La Amistad”, “Echeverría”, “La Sorda”, “Cristo Rey”, “Cariari”, “Condominio la Joya” y “La Chácara”. En tanto, para junio y septiembre del año 2007 se presentaron eventos por el desbordamiento del “Río Quebrada Seca” que afectó varios puntos del distrito San Antonio, particularmente el sector central de la ciudad, así como los barrios “Cristo Rey”, “La Amistad” y la zona del polideportivo de Belén.

Así, como parte del estudio de percepción se les consultó a las personas si recordaban la ocurrencia de algún tipo de desastre natural en el cantón en los últimos 10 años, ante lo cual un 50.4% dijo recordar algún evento de ese tipo, un 42.0% dijo no acordarse de un desastre en el cantón y un 7.6% de las personas consultadas no supo o no quiso responder al respecto.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-7:

Gráfico 5-7 Percepciones de las personas consultadas sobre ocurrencia de desastres en distritos del cantón (%)



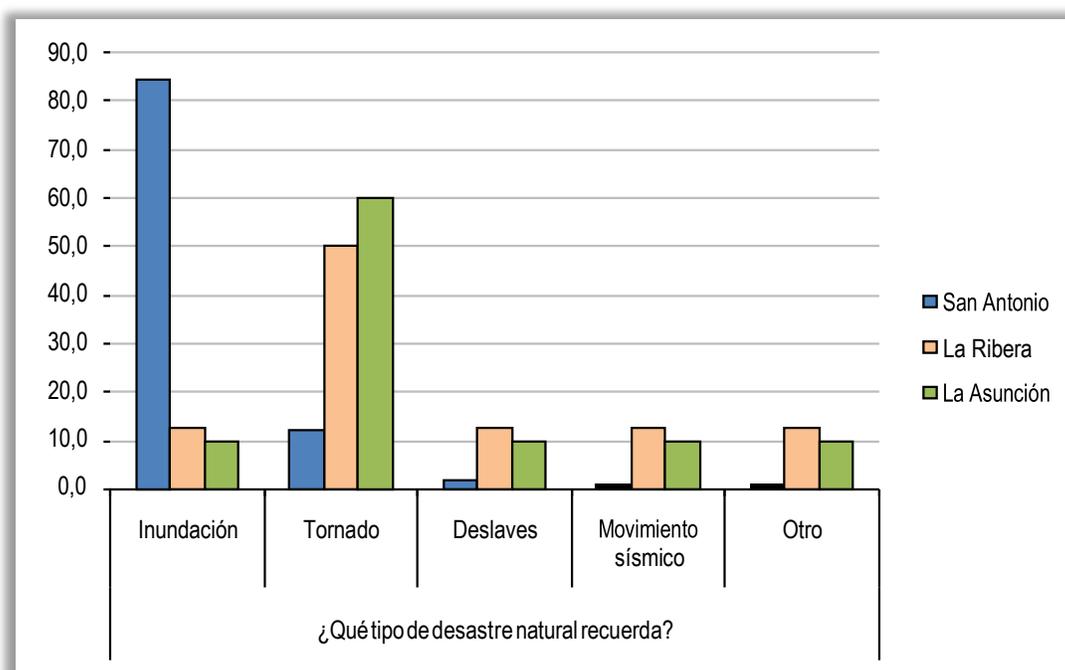
Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

El gráfico establece que son las personas consultadas en el distrito San Antonio las que recuerdan la ocurrencia de algún tipo de desastre natural en los últimos 10 años, mientras que las personas consultadas en los distritos La Ribera y La Asunción no se acuerdan de ningún evento en sus respectivos territorios.

Al profundizar sobre qué tipo de desastre natural recuerdan las personas consultadas que dijeron acordarse de algún evento, 70.7% hizo referencia a desbordamiento de ríos e inundaciones, un 17.1% recuerda tornados, un 2.9% mencionó como desastre la ocurrencia de deslizamientos, un 2.1% se acordó de eventos sísmicos y un 2.1% de las personas consultadas dijo acordarse de otro tipo de desastres naturales, aunque no estuvieron en la capacidad de especificar de qué tipo.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-8 :

Gráfico 5-8 Percepciones de las personas consultadas sobre ocurrencia de desastres en distritos del cantón (%) *



* Porcentajes de respuesta de 133 personas que dijeron recordar algún desastre natural

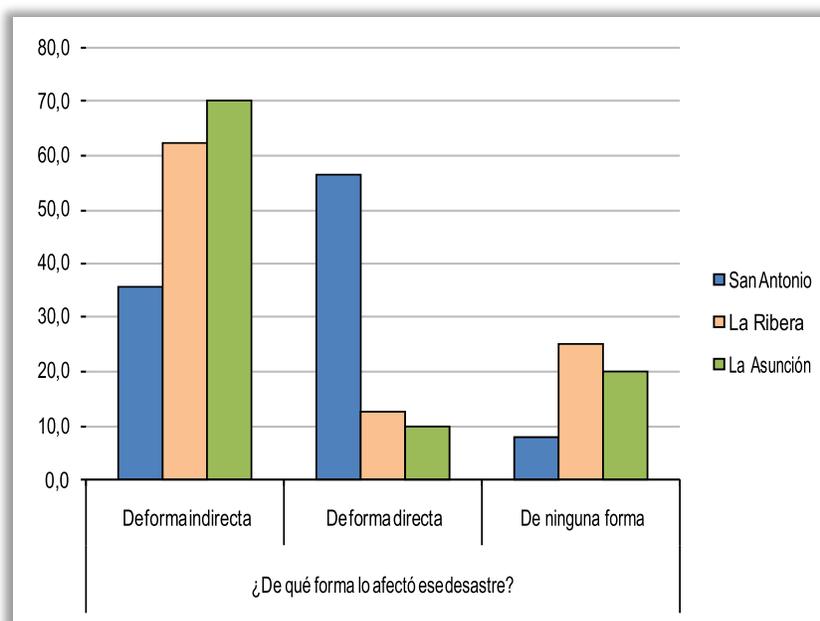
Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

El gráfico permite determinar que el tipo de desastre natural que más recuerdan las personas del distrito San Antonio está relacionado con inundaciones, mientras que en los distritos La Ribera y La Asunción las personas consultadas hicieron referencia a tornados u otros eventos tales como deslaves y movimientos sísmicos.

Cuando se preguntó a las personas que dijeron recordar algún desastre natural en el cantón, de qué forma les afectó dicho evento, un 20.1% de las personas mencionó que se vieron afectadas de forma indirecta, un 25.4% dijo que la situación de desastre los perjudicó de forma directa y un 4.9% comentó que no sufrieron ningún tipo de afectación.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-9 :

Gráfico 5-9 Percepciones de las personas consultadas sobre tipo de afectación por ocurrencia de desastres en distritos del cantón (%) *



* Porcentajes de respuesta de 133 personas que dijeron recordar algún desastre natural

Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

El gráfico establece que la afectación directa por la ocurrencia de desastres se concentró en el distrito San Antonio, aspecto que está relacionado con los eventos que ha generado en distintos momentos el desbordamiento e inundaciones del cuerpo de agua conocido como “Quebrada Seca”.

5.11 Situación ambiental del cantón de Belén

La revisión de información sobre la situación ambiental en el cantón de Belén permite establecer que el Gobierno Local ha impulsado desde el año 1999 una serie de programas y proyectos para preservar las condiciones ambientales del cantón.

Así, se tiene que la Municipalidad de Belén fue la primera a nivel nacional en contar con una “Unidad Ambiental”, cuyo objetivo es “objetivo es promover un desarrollo socioeconómico en equilibrio con el ambiente, garantizando una gestión adecuada de los recursos naturales y brindando soluciones a las necesidades ambientales que tiene el cantón de Belén” (Municipalidad de Belén, 2013).

Entre los programas y proyectos que ha implementado la “Unidad Ambiental” de la Municipalidad de Belén se pueden mencionar los que se detallan en la Tabla 5-7 siguiente.

Tabla 5-7 Programas y proyectos desarrollados por la unidad ambiental de la Municipalidad de Belén

Programa o Proyecto	Descripción
Arborización y mejoramiento ambiental	Consiste en fortalecer el área de protección de los ríos y manantiales, en zonas sensibles debido a la baja representatividad paisajista y la importancia de mantener el hábitat de las especies de la zona. Se han llevado a cabo acciones (siembra de árboles) en el distrito La Ribera

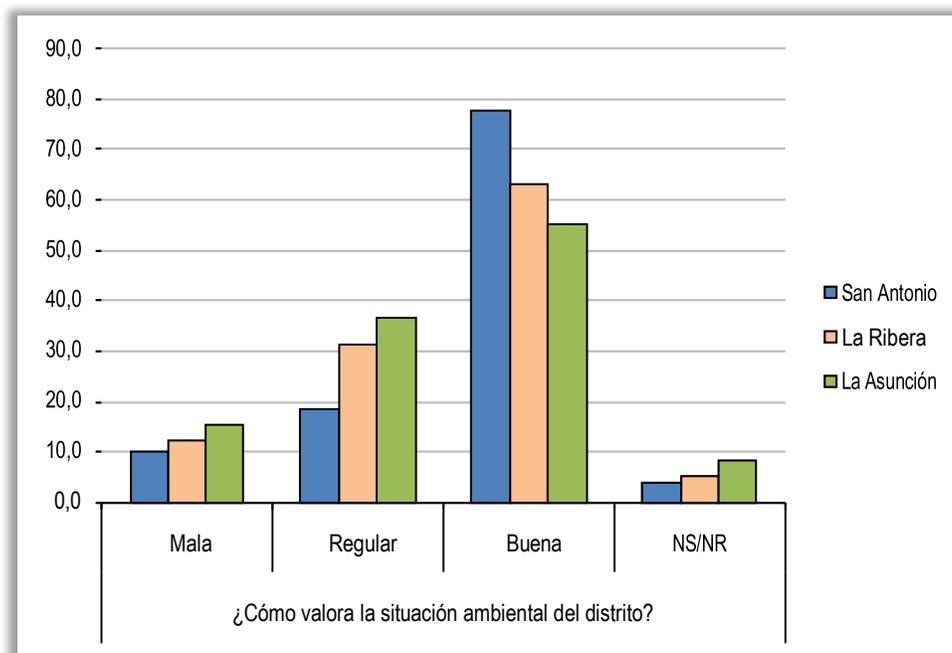
Programa o Proyecto	Descripción
Alfabetización ambiental	Consiste en capacitar al personal docente de los centros educativos del cantón en materia ambiental para que estos transmitan los conocimientos adquiridos en las capacitaciones a la población estudiantil. Las actividades cuentan con el apoyo del Ministerio de Educación y la Universidad Estatal a Distancia.
Residuos sólidos	Consiste en la implementación de Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PMGIRS) mediante el cual el Gobierno Local en alianza con empresas privadas y organizaciones sociales del cantón realiza campañas para la separación de residuos y el reciclaje de desechos sólidos.
Comportamiento ambiental	Consiste en la firma de un convenio entre la Universidad Nacional y la Municipalidad de Belén para desarrollar un sistema de monitoreo del estado de la calidad ambiental en el cantón de Belén cuyos principales componentes son el Programa de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire y el Programa de Monitoreo y Vigilancia de los cauces de los ríos Quebrada Seca, Bermúdez y Segundo.

Fuente: Municipalidad de Belén, Unidad Ambiental (2013)

Finalmente, el estudio de percepción indagó a las personas consultadas respecto a la situación ambiental del cantón, ante lo cual un 67.4% de las respuestas establecen que dichas condiciones son buenas, un 26.9% de las personas consideró que la situación ambiental del cantón es regular, mientras que un 12.1% la catalogó como mala. Un 5.7% de las personas consultadas no supo o no quiso responder al respecto.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-10:

Gráfico 5-10 Percepciones de las personas consultadas sobre situación ambiental de los distritos del cantón (%)

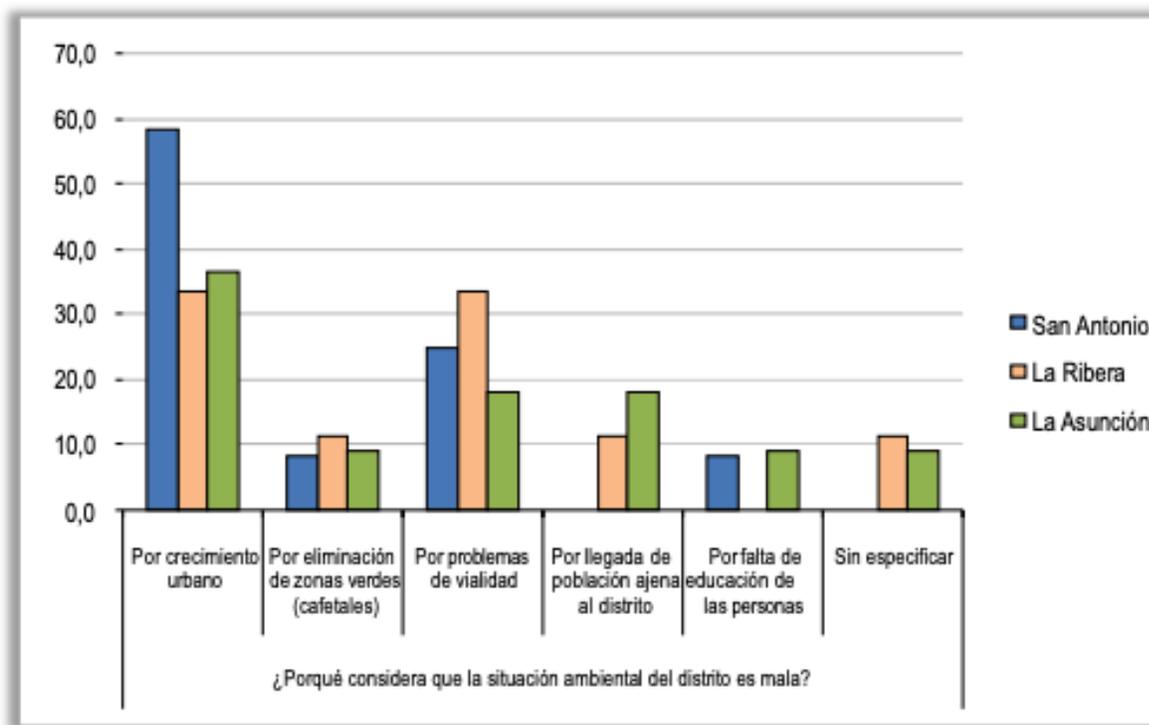


Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

El gráfico revela que, según la percepción de las personas consultadas, la situación ambiental al interno de cada distrito es buena. Se observa además como en el distrito La Asunción es donde las personas perciben en mayor grado la situación ambiental como mala o regular en comparación con la percepción de las personas consultadas en los distritos San Antonio y La Ribera.

Cuando se le preguntó a las 32 personas que dijeron que la situación ambiental del cantón es mala las razones para opinar de esa forma, un 43.8% dio como argumento el crecimiento urbano, un 9.4% mencionó la pérdida de zonas verdes en el cantón (cafetales), un 25.0% señaló los problemas de vialidad, un 9.4% resiente la llegada de habitantes ajenos al cantón, un 6.3% comentó que la falta de educación de las personas atenta contra las condiciones ambientales de Belén y un 6.3% de las personas consultadas no fue capaz de especificar porque considera como mala la situación ambiental del cantón. Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-11:

Gráfico 5-11 Percepciones de las personas consultadas sobre la mala situación ambiental de los distritos del cantón (%)



* Porcentajes de respuesta de 32 personas que dijeron que la situación ambiental es mala
 Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (Octubre, 2013)

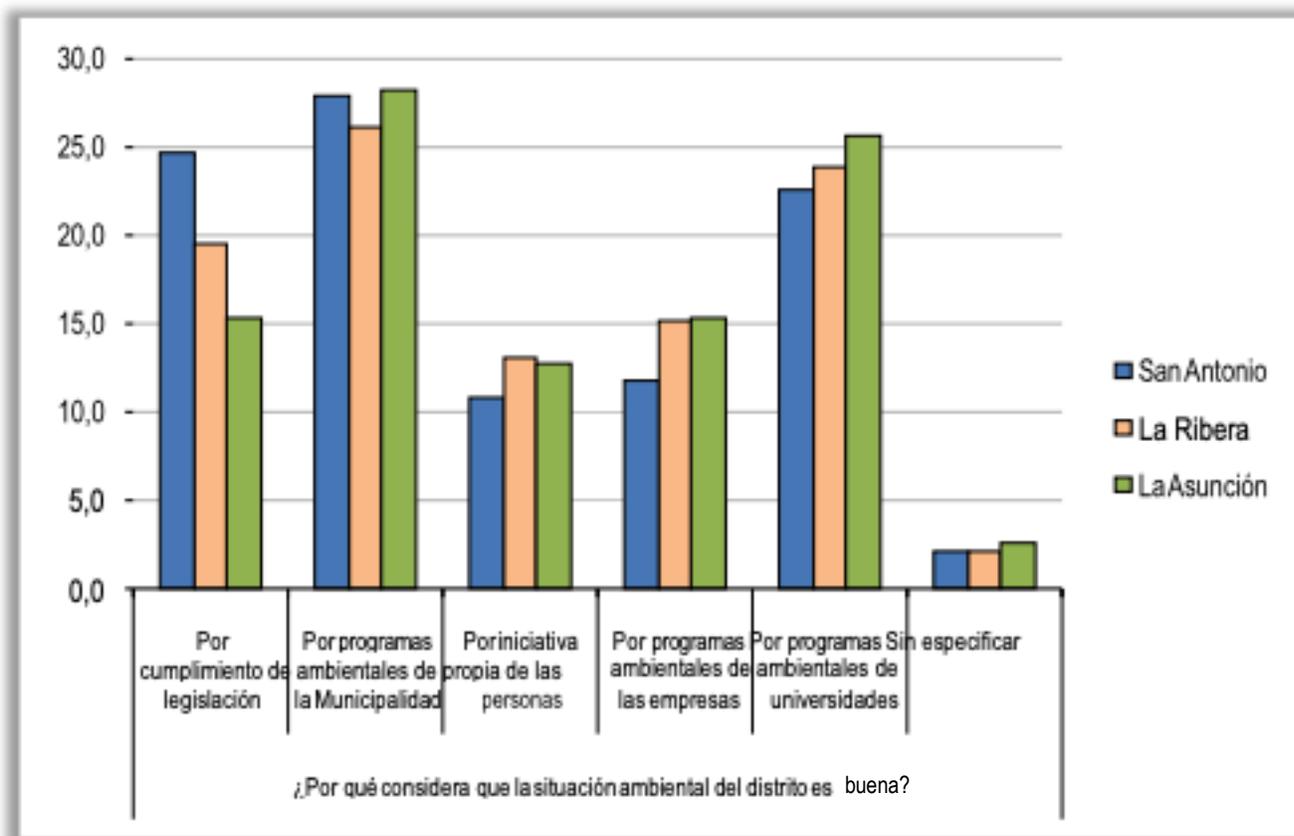
La gráfica permite visualizar que en el distrito San Antonio las personas perciben como mala la situación ambiental por el crecimiento urbano, mientras que en el distrito La Ribera la eliminación de zonas verdes (cafetales) y los problemas de vialidad destacan como los aspectos negativos.

En tanto, en el distrito La Asunción las personas consultadas resienten la llegada al lugar de personas provenientes de otros territorios debido al crecimiento habitacional que se ha dado en dicho espacio geográfico.

Por otra parte, cuando se le preguntó a las 178 personas que dijeron que la situación ambiental del cantón es buena las razones para opinar de esa forma, un 21.3% dio como argumento el cumplimiento de la legislación del Gobierno Local para el desarrollo de obras municipales y privadas en el cantón, un 27.5% mencionó los programas ambientales que impulsa la Municipalidad de Belén, un 11.8% señaló el compromiso de los habitantes del cantón con el ambiente, un 13.5% se refirió a los programas ambientales que impulsan las empresas privadas existentes en el cantón, un 23.6% consideró que el aporte de las universidades públicas en la zona es importante y un 2.2% de las personas consultadas no fue capaz de especificar porque considera como mala la situación ambiental del cantón.

Al analizar dichas percepciones según el distrito de residencia de las personas consultadas, los resultados obtenidos se indican en el Gráfico 5-12:

Gráfico 5-12 Percepciones de las personas consultadas sobre la buena situación ambiental de los distritos del cantón (%)



* Porcentajes de respuesta de 178 personas que dijeron que la situación ambiental es buena
Fuente: estudio de percepción en distritos del Cantón de Belén (octubre, 2013)

La gráfica permite visualizar que en el distrito San Antonio las personas perciben como buena la situación ambiental por el cumplimiento de la legislación y los programas ambientales del Gobierno Local, ítem que se da también en los distritos La Ribera y La Asunción.

En tanto el compromiso de las personas con el ambiente, así como la participación de empresas privadas y universidades es resaltado por las personas consultadas en los distritos La Ribera y La Asunción en mayor medida que por las personas del distrito San Antonio.

5.12 Mapa de insumo para el Mapa de IFA Antropoaptitud

En la **Figura 64 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de Uso Antrópico del cantón de Belén.

En la **Figura 65 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de Usos Urbanos y Red Vial Existente.

En la **Figura 66 del Atlas de Mapas** se presenta el mapa de IFA Antropoaptitud, Expansión Urbana futura.

En la **Figura 67 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de IFA Antropoaptitud, Sitios Arqueológicos.

En la **Figura 68 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa IFA Antropoaptitud, Patrimonio cultural.

En la Tabla 5.8 se establecen los criterios utilizados para la confección del Mapa de IFA Antrópico. Se aclara que para facilitar el proceso de información de mapas que, sobre este tema, se presentan en el Atlas de Mapas, se realizó un ajuste a la Tabla de variables de Factor Antrópico que establece el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE. Esto en el marco del procedimiento que establece la Introducción del Anexo 2 de dicho decreto, según criterio de experto del equipo consultor. Se aclara que este procedimiento se aplicó también para la estimación de IFA – Valor paisajístico.

Todos los factores han sido incluidos.

Referente a la aplicación del Decreto 42696, se recuerda a la SETENA que no aplica para este caso, debido a la fecha de publicación del mismo, respecto a la apertura del expediente de EAE para el cantón de Belén.

Tabla 5-8 Factores para confeccionar el Mapa de IFA – Antropoaptitud.

	MUY ALTA 1	ALTA 2	MODERADA 3	BAJA 4	MUY BAJA 5
Tipo de uso antrópico	Áreas de ocupación antrópica actual de alto impacto (infraestructura / construcción / agricultura). Áreas de ocupación antrópica dentro de zonas de muy alta fragilidad según el análisis de IFA, sitios arqueológicos o de recursos culturales identificados	Áreas de ocupación antrópica actual de moderado impacto (infraestructura / construcción / agricultura) dentro de zonas de alta fragilidad según el análisis de IFA	Áreas de ocupación antrópica actual de bajo impacto (infraestructura / construcción / agricultura) con una carga ambiental aceptable, posiblemente aptos para ocupación humana adicional	Áreas de ocupación antrópica actual dentro de las zonas de moderada, baja o muy baja fragilidad, posiblemente aptos para ocupación humana adicional	Áreas donde no hay ocupación antrópica actual (infraestructura y agricultura)

Fuente: Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE

5.13 Áreas de administración especial en el cantón de Belén

Es importante recordar que el ítem 5.11.1.a.3 del Anexo 1 del Decreto 32967 – MINAE, señala textualmente lo siguiente:

*“iii. Áreas de administración especial según la **legislación vigente**”. (El destacado no es del original).*

Las áreas de administración especial, según la legislación vigente, corresponde, principalmente con áreas para las cuales la legislación establece limitaciones o prohibiciones de uso. Son parte de estas áreas las siguientes:

- Áreas de protección de nacientes o manantiales
- Áreas de radios operacionales de pozos de extracción de aguas subterráneas.
- Áreas de aptitud forestal
- Área de humedal del sector norte
- Áreas de protección de cursos de agua y cuerpos de agua

Así como otras áreas para las cuales la legislación específica, establece restricción tales como áreas de retiro para líneas de transmisión de energía de alto voltaje, áreas de retiro para el oleoducto, entre otras.

Es importante señalar que esta información ha sido considerada como parte del Mapa de Uso Actual del suelo y de otras fuentes de datos, como la información hidrogeológica. Se incluye, además, las restricciones al uso del suelo que establece el uso del Mapa de Vulnerabilidad Hidrogeológica y la aplicación de la Matriz del SENARA del año 2006.

Para fines prácticos de la aplicación de la metodología de IFA, que se fundamenta en el desarrollo de restricciones técnicas por limitantes ambientales, no así en prohibiciones de uso del suelo, la información que se señala, se identifica y se separa como una capa especial de restricciones técnicas – jurídicas que se sobrepone el mapa de zonificación de uso del suelo que regula el plan regulador.

Como se indicó antes, para el cantón de Belén, la Municipalidad usa dos capas de restricciones técnico – jurídicas. Una de ellas corresponde con el mapa de vulnerabilidad hidrogeológica y los lineamientos de la Matriz del SENARA del año 2006. Ello, a fin de que sea durante el trámite de uso del suelo de un determinado terreno que se establezcan, los usos del suelo que permite el plan regulador y se indiquen las restricciones o prohibiciones que aplican, según la legislación vigente.

Este aspecto se desarrolla con más detalle en el Reglamento de Desarrollo Sostenible del cantón de Belén.

Se aclara que dentro del cantón de Belén no se presenta ninguna área silvestre protegida, excepto las áreas de protección de los ríos y el humedal.

En este contexto, se considera que se cumple lo establecido por el decreto ejecutivo No. 32967 – MINAE.

5.14 Crecimiento urbano futuro del cantón de Belén

Debido a que Belén es un cantón relativamente pequeño en extensión y se encuentra en una zona de muy alto potencial urbano, prácticamente, la totalidad de su territorio, salvo aquel que se ha dejado para conservación ambiental, tiene posibilidad para desarrollo urbano futuro.

Es probable que áreas no ocupadas todavía por actividades urbanas, como zonas agrícolas o agropecuarias, gradualmente vayan pasando a zonas urbanas.

5.15 Limitantes y potencialidades técnicas

En la Tabla 5-9 siguiente se presenta el resumen de limitantes y potencialidades técnicas del IFA Antropoaptitud del cantón de Belén.

Tabla 5-9 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Antropoaptitud

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
<p>Zonas de Muy Alta Fragilidad: Áreas donde se localizan sitios arqueológicos o recursos culturales identificados I (muy alto) Áreas de ocupación antrópica actual (infraestructura y agricultura) I (muy alto)</p>	<p>Estas áreas tienen limitaciones para el desarrollo de nuevas actividades humanas, dado que se incrementaría el impacto ambiental acumulativo ya producido por las actividades existentes, o en su defecto, porque existe limitación de uso del suelo, debido a la presencia de un sitio arqueológico o un recurso cultural identificado.</p>	<p>La consideración de los impactos ambientales negativos que produce la actividad humana, y el desarrollo de PROGRAMAS CORRECTIVOS de control ambiental, con medidas como la aplicación de nuevas tecnologías (por ejemplo, el cambio del paquete tecnológico de agroquímicos que se utilizan en actividades agrícolas intensivas y extensivas), o en su defecto de medidas de renovación urbana que permitan controlar y minimizar los impactos ambientales, podrían permitir lograr un equilibrio ambiental en el uso del suelo e, inclusive, mejorar la calidad ambiental de esos espacios ocupados por actividades antrópicas.</p>
<p>Zonas de Alta Fragilidad: Áreas de ocupación antrópica dentro de áreas ambientalmente frágiles según la definición del Anexo 3 del Reglamento General de EIA II (alto)</p>	<p>Las actividades humanas ya existentes deben ser objeto de una revisión de su condición ambiental respecto a la zona ambientalmente frágil a fin de establecer si se requiere el desarrollo de medidas correctivas o compensatorias. En el caso de actividades humanas nuevas, deben ser sometidas a un proceso de evaluación de impacto ambiental que determine si las mismas son viables y las condiciones armónicas en que podrían ser desarrolladas.</p>	<p>Es posible desarrollar medidas ambientales correctivas y compensatorias para corregir los desequilibrios ambientales producidos por las actividades humanas que ya se encuentran instaladas. También, es posible, el desarrollo de nuevas actividades, siempre que las mismas logren diseños ambientales que logren armonizar la actividad productiva planteada con sus impactos ambientales. Esto, siempre y cuando se cumpla con el marco jurídico ambiental que resguarda las áreas ambientalmente frágiles.</p>

UNIDAD	LIMITANTES	POTENCIALIDADES
<p>Zonas de Moderada Fragilidad Áreas de potencial ocupación humana a mediano plazo (de 3 a 10 años) III (moderado)</p>	<p>Es relevante que las nuevas actividades humanas se planteen desarrollar, en todo lo posible hacia espacios geográficos que presenten la menor condición de fragilidad ambiental (integrada). En caso de que, por la naturaleza del terreno, no fuera posible, se hace indispensable que se establezcan las condicionantes ambientales para las cuales dichas actividades se podrían desarrollar de la forma más equilibrada y sustentable ambientalmente. Esto dentro de un proceso gradual, de escala, de forma tal que el POT fije los criterios generales y la Evaluación de Impacto Ambiental establezca los lineamientos específicos.</p>	<p>La consideración de los factores que determinan la fragilidad ambiental de los nuevos espacios geográficos para el desarrollo de actividades humanas, permitirá fijar lineamientos específicos en las políticas de uso del suelo (POT u Ordenanzas Municipales) a fin de que el desarrollo de esas actividades pueda planificarse, diseñarse y ejecutarse, tomando en cuenta esos factores condicionantes y logren la mejor y mayor inserción ambiental posible. Para el caso de proyectos, obras o actividades de alto y muy alto impacto, a localizarse en zonas de fragilidad alta o muy alta, el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental deberá determinar los detalles específicos.</p>
<p>Zonas de Baja Fragilidad Ambiental Áreas de potencial ocupación humana a corto plazo (menos de 3 años) IV (bajo) <i>No aplica.</i></p>		
<p>Zonas de Muy Baja Fragilidad Ambiental Áreas donde no hay ocupación antrópica actual (infraestructura y agricultura) V (muy bajo)</p>	<p>Corresponde con espacios geográficos naturales donde las actividades humanas no han generado impactos ambientales negativos directos, por lo cual se encuentran en una condición de equilibrio ecológico satisfactorio.</p>	<p>Estas zonas tienen potencial desde el punto de vista de conservación y protección de la Ecosfera terrestre y como refugios de vida silvestre y, además, prestadores de bienes y servicios ambientales. Son aptas para la conservación y protección ambiental y para actividades como el ecoturismo, la educación ambiental y la investigación científica. Las actividades humanas de bajo impacto son posible siempre que se den bajo un estricto control ambiental.</p>

Fuente: datos propios.

5.16 Mapa de paisaje

En la Tabla 5-10 siguiente se presentan los Factores considerados en el IFA Antropoaptitud – Potencial Paisajístico que se aplicó para el caso de Belén. Esta tabla proviene del Anexo 2 del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE.

En consideración de lo establecido en la Introducción del Anexo 2 del decreto citado, y siguiendo un criterio de experto que facilite el proceso de los datos, se han realizado dos acciones concretas:

- Separar el tema de valor paisajístico del IFA Antropoaptitud. Esto a fin de que la combinación de factores no generara una eliminación de valores de los factores.
- Realizar un ajuste a la tabla de valoración de los factores del IFA – Potencial Paisajístico, según se muestra la Tabla 5-10.

Como se puede ver en la Tabla, los datos de color rojo no se han incluido, dado que el mapa de IFA – Paisaje resultante resultaba muy saturado de zonas y de difícil comprensión. Por esta razón se ha seleccionado el criterio de la cobertura boscosa o el desarrollo de infraestructura de actividades humanas como los elementos a considerar para el establecimiento de IFA – Paisaje. Esto, en razón de que son los elementos más conspicuos que se observan al ver un paisaje dado.

Se considera que con este ajuste realizado a la metodología del Decreto 32967 y permitido por el criterio de experto que explica la Introducción del Anexo 2 de ese decreto, se logra un producto más sencillo y más fácil de manejar para los fines del estudio.

En la **Figura 69 del Atlas de Mapas** se presenta el mapa de IFA Paisaje del cantón de Belén, elaborado según el procedimiento del Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE. Se identificaron las cinco categorías de fragilidad ambiental, donde, conforme aumenta la fragilidad, mayor cantidad de acciones preventivas deben establecerse como parte del manejo del Cantón. Se aclara que este mapa se basa en un ajuste de los factores establecidos para este tema en el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE, con criterio de experto, con el uso del DE 39150.

Es importante señalar que esta información se debe analizar por separado a fin de que, como parte del Plan Regulador, se genere un Reglamento de Gestión del Paisaje que norme el desarrollo de actividades, obras o proyectos de conformidad con lo que establecen los artículos 71 y 72 de la Ley Orgánica del Ambiente.

Tabla 5-10 Factores a considerar en el IFA Antropoaptitud – Potencial Paisajístico

Escenario Externo, por vista desde el interior de la cuenca local ↓	Escenario Inmediato (cuenca local)				
	MUY ALTA (MA) (1)	ALTA (A) (2)	MODERADA (Mo) (3)	BAJA (B) (4)	MUY BAJA (MB) (5)
	Tipo 1 Cobertura boscosa primaria o ausencia total de cobertura debido a condiciones naturales (paisajes volcánicos)	Tipo 2 Cobertura boscosa secundaria	Tipo 3 Cobertura boscosa de tipo mixto (potreros, cultivos y árboles dispersos) con parches boscosos	Tipo 4 Ocupación (infraestructura) humana hasta en un 30 % de la superficie de la cuenca cobertura vegetal del tipo 3.	Tipo 5 Ocupación humana en más de un 50 % mezclada con diversos tipos de cobertura
Parte alta de la cuenca, con vista panorámica total (80 - 100%)	MA	MA	A	Mo	Mo
Parte alta de la cuenca con vista panorámica parcial (60 – 80 %)	MA	A	A	Mo	B
Parte media de la cuenca vista panorámica parcial (40 – 60 %)	A	A	Mo	Mo	B
Parte media de la cuenca con vista panorámica limitada (20 – 40 %)	Mo	Mo	B	B	MB
Parte baja de la cuenca con vista panorámica limitada (< 20 %)	B	B	B	MB	MB

Nota: este mapa se elabora según los tipos de uso de suelo establecidos para el “Escenario Inmediato (cuenca local)” de acuerdo con el Anexo 1 del DE 32967 - MINAE, debido a que los factores del “Escenario Externo” generan una distorsión que produce un complejo de muchas zonas que son de poca utilidad para generar un mapa integrado.

5.17 Limitantes y potencialidades técnicas por paisaje

En la Tabla 5-11 siguiente se presenta el Resumen de limitantes y potencialidades técnicas para el IFA Paisaje.

Tabla 5-11 Resumen de limitantes y potencialidades técnicas de IFA Paisajismo

Unidad	Limitantes	Potencialidades
<p>Zonas de Alta Fragilidad: Corresponde con las partes altas o con coberturas boscosas en los cañones de los ríos que pueden ser observadas a distancia.</p>	<p>Están cubiertas por bosques secundarios intervenidos y degradados. Se ha afectado la biodiversidad de los ecosistemas. También por zonas de pastos para ganado que dejan ver rupturas en la textura del paisaje. En menor proporción se presentan zonas agrícolas.</p>	<p>Pese a que se trata de zonas con aptitud para la actividad agrícola y agropecuaria, pueden ser desarrolladas con criterio paisajístico, por medio de actividades de reforestación estratégica y agricultura y ganadería regenerativa. También tienen potencial ecoturístico, particularmente los cañones de los ríos del cantón de Belén.</p>
<p>Zonas de Moderada Fragilidad Zonas que presentan un relieve moderado de tipo meseta</p>	<p>Presentan cobertura boscosa o actividades agrícolas, con construcciones dispersas, sin que hayan establecido lineamientos de mejora paisajística.</p>	<p>En algunos casos son zonas con potencial de regeneración del bosque, combinado con las actividades humanas y produciendo una condición de mimetismo de éstas.</p>
<p>Zonas de Baja Fragilidad Ambiental Son zonas verdes bajas, en terrenos planos, ocupados principalmente por potreros o zonas de construcciones.</p>	<p>Son zonas verdes con cobertura vegetal a veces impactadas por el desarrollo de infraestructura humana.</p>	<p>Requieren un mejoramiento paisajístico por medio de la regeneración natural.</p>

Unidad	Limitantes	Potencialidades
Zonas de Muy Baja Fragilidad Ambiental Son zonas urbanas o en su defecto cultivos.	Están desprovistas de cobertura arbórea y generan un impacto significativo en el paisaje.	Pueden ser objeto de mejoramiento paisajístico por medio del desarrollo de cercas arboladas, parques verdes y acciones similares.

Fuente: Datos propios.

5.18 Mapa de IFA Antropoaptitud

En la **Figura 70 del Atlas de Mapas** se presenta el Mapa de IFA Antropoaptitud del cantón de Belén.

Como se explicó antes en aplicación del criterio de experto que permite la Introducción del Anexo 2 del Decreto 32967 – MINAE, se realizó un ajuste a la Tabla de factores para la estimación del IFA Antropoaptitud y se separó el mismo del IFA Paisajismo. Esto, de conformidad con las explicaciones realizadas anteriormente para IFA Antrópico y para IFA Paisajismo.

Se considera que, con el ajuste realizado, según criterio de experto y la generación de los productos cartográficos generados, no se presenta ningún error de raíz en el proceso y los mapas pueden ser utilizados para el desarrollo del mapa integral de IFA.

6 Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) Integrado

6.1 Introducción

6.1.1 Marco teórico

El Índice de Fragilidad Ambiental Integrado representa la sumatoria de los cuatro ejes de análisis antes presentados IFA Geoaptitud, IFA Edafoaptitud, IFA Antropoaptitud y IFA Bioaptitud. De esta forma, es posible evaluar el balance total de carga ambiental de un terreno, que resume la condición de aptitud natural del mismo, la condición de carga ambiental inducida, y la capacidad de absorción de la carga ambiental adicional.

En el Atlas de Mapas IFA se presenta el mapa del Índice de Fragilidad Ambiental Integrado para los diversos sectores en que se ha dividido la región de estudio.

6.1.2 Aplicación práctica

La totalidad de las capas o factores ambientales analizados para los cuatro ejes ambientales (Geoaptitud, Edafoaptitud, Bioaptitud y Antropoaptitud), junto con las limitantes y potencialidades técnicas respectivas, se suman. Como consecuencia se producen dos productos principales. Primero un mapa de IFA integrado, que comprende hasta las cinco zonas de fragilidad ambiental: Muy Alta, Alta, Moderada, Baja y Muy Baja; con la lista de limitantes técnicas para cada macrozona.

Para facilitar el proceso de zonificación, las macrozonas y las limitantes técnicas derivadas, son subclasificadas, según limitantes técnicas comunes. Así la macrozona de Muy Alta Fragilidad, se puede dividir en varias zonas ambientales, según criterios clave: presencia o no de bosque primario, área de muy alto riesgo, etc.

El resultado final es un mapa de subclasificación de zonas de IFA y una tabla de limitantes y potencialidades técnicas, que se complementa con una columna de recomendaciones sobre el uso sostenible del suelo, según diferentes tipos de uso humano o natural.

El mapa de macrozonas de fragilidad ambiental tiene una gran utilidad para ver, en una perspectiva amplia y rápida cuál es la condición general de fragilidad o sensibilidad ambiental del territorio en cuestión.

Es importante señalar que, según la metodología, se debe usar la misma tipología de colores, razón por lo cual, la macrozona de muy alta fragilidad queda en color rojo. Esto produce que algunos creen que debido a que queda rojo, existe prohibición de realizar allí actividades humanas. Lo cual no es cierto, el color rojo, lo único que representa es que allí hay más limitantes técnicas y que por tanto el desarrollo de actividades humanas allí debe considerarlas y superarlas como parte de su diseño y ejecución.

6.1.3 Tabla de Limitantes Técnicas y recomendaciones de uso del suelo

Junto con la distribución de las zonas de fragilidad ambiental en el territorio en análisis, el principal producto que produce la metodología es la Tabla de Limitantes Técnicas y Recomendaciones de Uso del Suelo sostenible (ver Figura 6-1).

Esta Tabla, consta de 5 columnas. En las primeras cuatro columnas se resumen las limitantes técnicas principales de cada uno de los ejes de IFA analizados. La última columna establece recomendaciones de uso del suelo sostenible, según esas limitantes técnicas. Los usos recomendados se apoyan en tres temas principales: urbano, agrícola o de conservación.

Para todas las zonas de fragilidad ambiental, se trata de hacer un balance entre los tres usos genéricos potenciales: urbano, agrícola o conservación. Solo que, dependiente de las limitantes técnicas presentes, el porcentaje de una de las tres puede ser más dominante respecto a las otras (Figura 6-1).

En la Figura 6.1 se presenta un diagrama que ilustra esta situación para las tres zonas de fragilidad ambiental más comunes que se presentan en nuestro país.

Caracterización de las Zonas de IFA					
ZONA	Limitantes				Interpretación
I – A	Geo aptitud	Edafo aptitud	Bio aptitud	Antropo aptitud	Usos recomendados: Urbano Agrícola Conservación
	Geología Formaciones Suelos Geomorfología Pendientes Erosión y Sedimentación Estabilidad de ladera Amenazas naturales: Fallas, Sismos, Inundaciones Licuefacción	Fertilidad de suelos, Capacidad de Uso Espesor de suelos Pedregosidad	Bosques áreas de protección Corredores biológicos Zonas de Vida Climas y bioclimas	Uso urbano Cultivos Ganadería Fuentes de contaminación	PARÁMETROS DE USO (por ejemplo: % cobertura y altura en urbano)

Figura 6-1 Ejemplo general de la tabla de limitantes técnicas y recomendaciones de uso del suelo que acompaña el mapa de zonificación ambiental.

Representa el principal producto generado en esta parte de la metodología de IFA en el ordenamiento territorial.

Tal y como se muestra en la Figura 6-1, para las tres zonas de fragilidad ambiental, existe potencial para el desarrollo urbano. Solo que su potencial disminuye, respecto al porcentaje de ocupación (cobertura), conforme se incrementa la fragilidad ambiental.

La situación inversa sucede con el tema de conservación. Mientras que, en lo referente a actividades agrícolas y agropecuarias, se establece un equilibrio de uso que también se puede dar en las tres zonas ambientales.

Un aspecto muy importante que se ilustra en la Figura 6.2 y que ha motivado una serie de especulaciones sobre la zonificación ambiental y el procedimiento para introducir la variable ambiental en el ordenamiento del territorio, es el efecto que esto tiene en el costo de los terrenos.

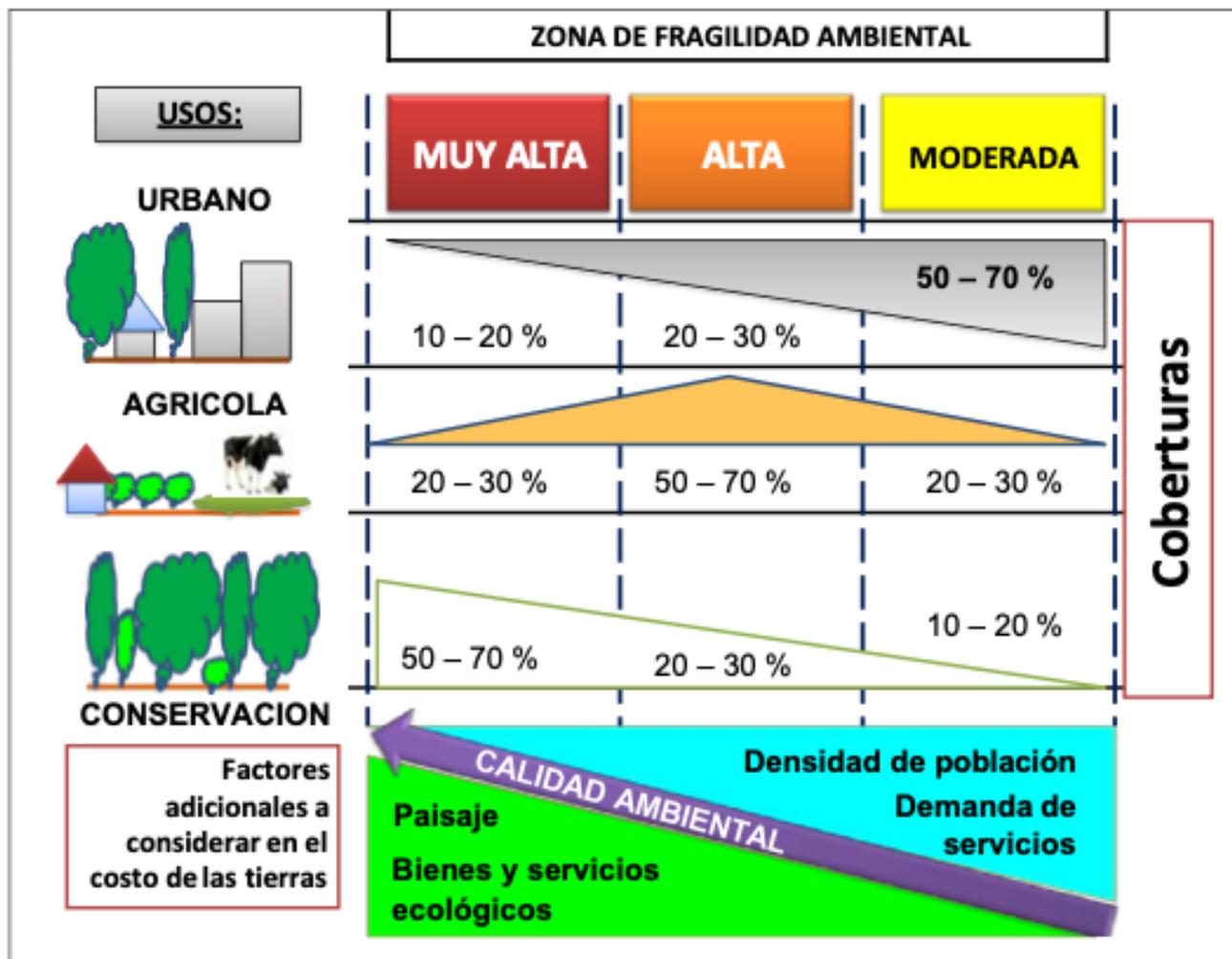


Figura 6-2 Diagrama que ilustra la lógica para definir usos del suelo en tres macrozonas de fragilidad ambiental comunes en nuestro país

A mayor fragilidad, aumenta el porcentaje para conservación, pero todavía se puede hacer desarrollo urbano e incluso agrícola, pero bajo condiciones. A menor fragilidad, la situación es a la inversa. Referente al costo de los terrenos se presenta un balance, a mayor fragilidad, al existir más conservación hay mayor y mejor disposición de paisaje y bienes y servicios ecológicos, y menos densidad de población y demanda (presión) de servicios, así como una mejor calidad ambiental.

Factores todos, nuevos, y que deben introducirse en el sistema de avalúos de las tierras.

Por lo general, el avalúo del terreno, considera como elementos principales para su determinación, la existencia de accesos, la topografía de la finca, y la presencia de servicios tales como agua potable, electricidad y telefonía.

Se ha interpretado que, al existir mapas de fragilidad ambiental, en particular que determinen que una finca dada se circunscribe a una zona de alta fragilidad, esta situación bajará el valor del terreno.

Sin embargo, tal y como se muestra en la Figura 6-2 , hay otros factores que deben ser tomados en cuenta en el avalúo y que son igual de importantes.

Temas como el de la calidad ambiental del entorno, el paisaje y los bienes y servicios ecológicos, deben también considerarse y con ellos los terrenos localizados en áreas de muy alta y alta fragilidad, no necesariamente deben bajar su valor.

La metodología de IFA en la columna de recomendaciones, establece unos parámetros de referencia para que el planificar los utilice como guía para las decisiones de uso del suelo.

En el caso de los usos urbanos, la lógica que se sigue se ilustra en la siguiente Figura 6-3.

Sobre la base de las limitantes técnicas identificadas, según criterios de geología, geomorfología, hidrogeología, estabilidad de ladera, amenazas naturales, suelos, biotopos y usos humanos, se establecen dos parámetros críticos, respecto al uso urbano: el porcentaje de cobertura y el potencial de construcción vertical; así como un elemento clave, las condicionantes ambientales que debe cumplir el proyecto en su planificación, diseño y ejecución.

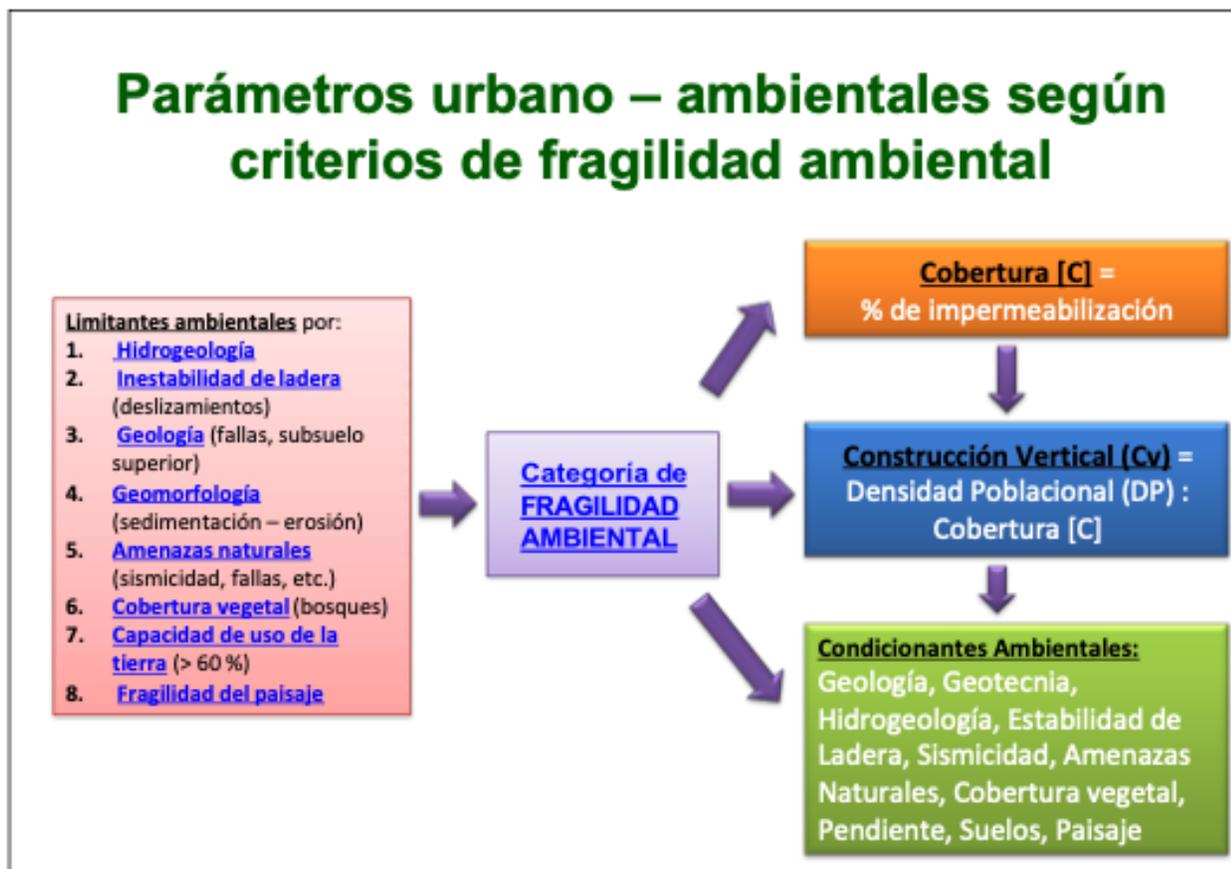


Figura 6-3 Lógica del proceso de establecimiento de parámetros urbanos de referencia según criterios de fragilidad ambiental.

El porcentaje de cobertura, se refiere, tal y como lo establece la Ley de Planificación Urbana, al terreno que es afectado por la huella de la construcción, no solo techada, sino también la que provoca compactación e impermeabilización del mismo. Factor que es muy importante para definir la cobertura lo constituye el potencial hidrogeológico de un terreno. Si éste tiene potencial acuífero y sirve de área de recarga, la cobertura con construcciones podría implicar un impacto a las aguas subterráneas. De allí que se prefiera un modelo de urbanización que deje áreas verdes, que funcionen como zona de infiltración.

El grado de amenazas naturales que afecta un terreno también es un criterio para controlar la cobertura, dado que con una cobertura menor y bien analizada pueden prevenirse daños a personas y obras.

El potencial de construcción en altura se establece como una compensación por el hecho de que se restringe el uso de coberturas muy altas. Cuando se habla de potencial de construcciones en altura, intervienen una serie de factores objetivos y subjetivos para definir la altura de las edificaciones. En el gráfico de la Figura 6-4 se hace un resumen de algunos de esos criterios que aplican para la realidad de nuestro país.

Datos como, la densidad de población planificada, según los servicios disponibles, así como aspectos urbanísticos (vías de acceso, transporte), patrones culturales, costo de obras respecto a su condición sísmo resistente y consideraciones de impacto en el paisaje, son los principales elementos que determinan la recomendación de altura de las edificaciones.

Las condicionantes ambientales, representan la forma en que se materializan las limitantes técnicas ambientales para que determinados factores sean tomados en cuenta al momento de planificar, diseñar, construir y ejecutar un proyecto, obra o actividad humana en una determinada zona de fragilidad ambiental.

Las condicionantes ambientales se traducen en el requerimiento de estudios técnicos más detallados, como, por ejemplo: geológico – geotécnicos, biológicos, y de hidrogeología ambiental, entre otros. También pueden referirse específicamente a medidas ambientales, como, por ejemplo, la no corta de árboles, la no colocación de tanques sépticos, el control estricto del impacto paisajístico, el no uso de plaguicidas, entre otros.

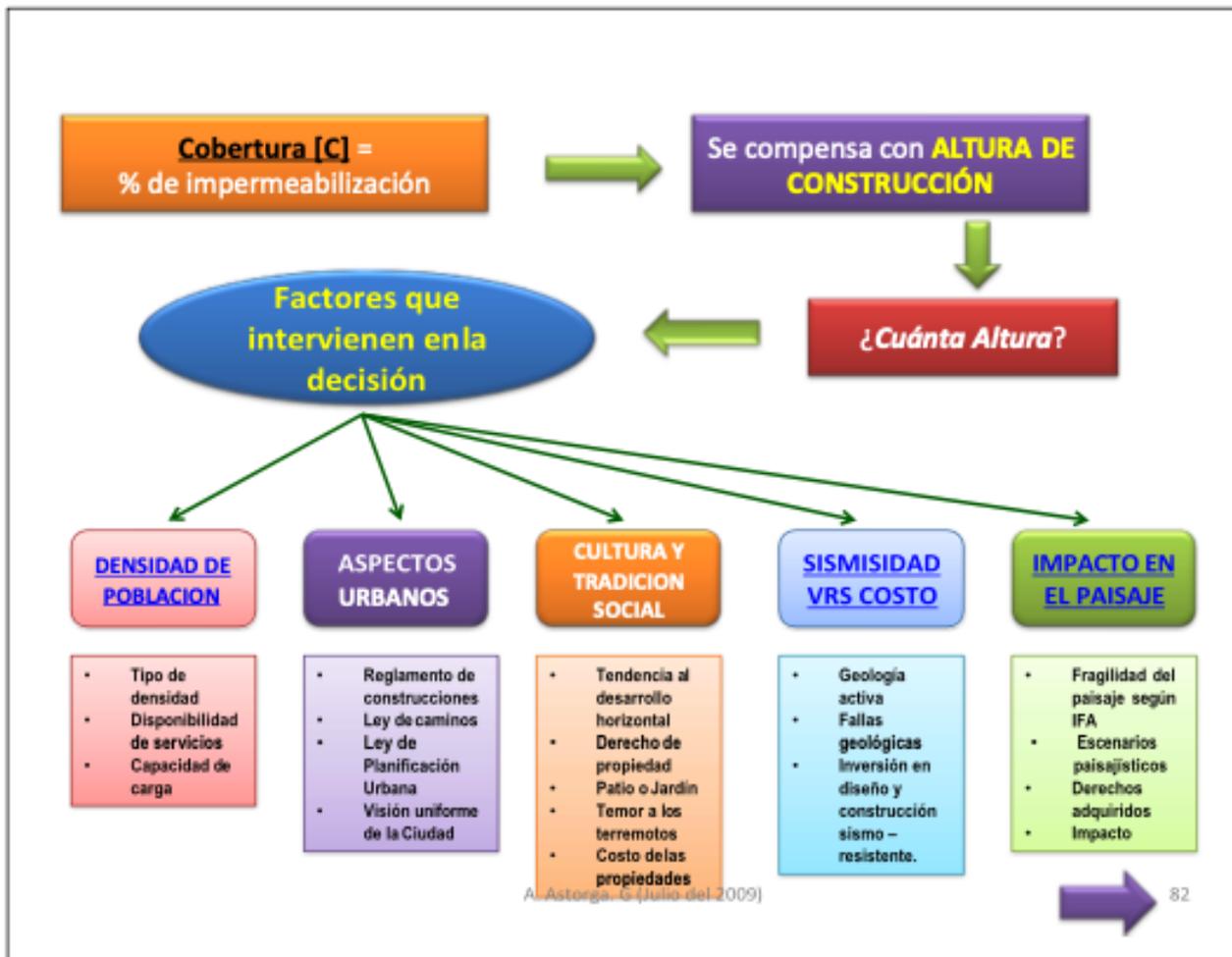


Figura 6-4 Factores principales que son tomados en cuenta para establecer una recomendación de altura de las edificaciones según criterios ambientales.

La altura recomendada es una orientación o guía para el planificador.

Finalmente, es importante recordar que el método de los IFA, es complementario con la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), de manera que su filosofía fundamental es la de ser preventivo, es decir fija las reglas claras que deben tomarse en cuenta para el desarrollo de proyectos, obras o actividades, en fases tan tempranas como la selección del terreno.

Por esta razón, el método fija condiciones que deberán convertirse en compromisos ambientales cuando se hace el trámite de EIA.

Esto, además de informar al desarrollador de un proyecto, a su equipo consultor ambiental y también a la misma autoridad ambiental, desde una fase muy temprana, los aspectos que deben tomarse en cuenta. Sobre esta misma base técnica, es que la metodología permite simplificar el trámite de viabilidad ambiental para proyectos de bajo y moderado impacto ambiental.

6.2 IFA Integrado y su subclasificación

En la **Figura 71 del Atlas de Mapas** se presenta el mapa de zona de fragilidad ambiental de tipo integrado, es decir, sin subclasificación a fin de que se puedan observar las grandes macrozonas de fragilidad ambiental en el Cantón.

En Tabla 6-1 siguiente se presentan el conjunto total de variables y sus valores que fueron procesados y establecidos para el cálculo de IFA integrado, así como el de IFA Subclasificación.

Es importante señalar que los valores de los ejes de IFA se han obtenido de los procesados de datos previos y de conformidad con las tablas mostradas en este documento. También es relevante señalar que en el procesado del Mapa de IFA integrado se ha aplicado, de forma estricta, lo señalado por la metodología del Decreto 32967 – MINAE en las secciones citadas por la SETENA en su observación.

Se aclara que en la Tabla 6-1 siguiente se presentan de una vez, los datos que llevaron al procesado del mapa de IFA Subclasificación, así como el Mapa de Sobreuso Ambiental Actual y el Mapa Ambiental Base.

Con el fin de establecer una zonificación más detallada como base para la planificación del uso sostenible del suelo o del territorio, se ha establecido una subclasificación basada en los cuatro ejes de IFA: Geoaptitud, Edafoaptitud, Antropoaptitud y Bioaptitud que está representado en la **Figura 72 del Atlas de Mapas**. Las características específicas de las diferentes Subclases del IFA Integrado, así como recomendaciones detalladas con respecto a las prácticas del uso sostenible de las mismas están resumidas en la Tabla de Limitantes Técnicas en el Atlas de Mapas.

Tabla 6-1 Valores de variables para el desarrollo del Mapa de IFA Integrado y Subclasificación

code_fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
110	Meseta Volcánica – áreas desedimentación fluvial	100	Red Vial	110_100	2	2	3	4	3	12	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica – áreas de sedimentación fluvial	100	Red Vial	110_100	3	2	3	4	3	12	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica – áreas de sedimentación fluvial	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	110_11	2	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica – áreas de sedimentación fluvial	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	110_11	3	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	111	Hoteles	110_111	2	2	3	4	2	11	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	111	Hoteles	110_111	3	2	3	4	2	11	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	110_12	2	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	110_12	3	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	110_13	2	2	3	4	2	11	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	110_13	3	2	3	4	2	11	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	141	áreas recreativas	110_141	2	2	3	3	4	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	141	áreas recreativas	110_141	3	2	3	3	4	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	15	Industria y otras actividades de alto impacto	110_15	2	2	3	5	1	11	2	II-F	X-3	II-F_X-3
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	15	Industria y otras actividades de alto impacto	110_15	3	2	3	5	1	11	2	II-F	X-3	II-F_X-3

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	16	Tajos importantes	110_16	1	1	3	4	1	9	1	II-F	X-3	II-F_X-3
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	21	Cultivos anuanles	110_21	2	2	3	3	2	10	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	21	Cultivos anuanles	110_21	3	2	3	3	2	10	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	23	Finca de Café	110_23	2	2	3	3	2	10	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	23	Finca de Café	110_23	3	2	3	3	2	10	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	25	Uso mixto: cultivos anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos	110_25	2	2	3	3	2	10	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	25	Uso mixto: cultivos anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos	110_25	3	2	3	3	2	10	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	31	Pastos	110_31	1	1	3	3	1	8	1	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	31	Pastos	110_31	2	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	31	Pastos	110_31	3	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	32	Pastos con árboles dispersos	110_32	2	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	32	Pastos con árboles dispersos	110_32	3	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	110_43	2	2	3	2	5	12	2	II-B	0	II-B

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_ fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	110_43	3	2	3	2	5	12	2	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	44	Charales	110_44	1	1	3	2	4	10	1	II-B	0	II-B
110	Meseta Volcánica - áreas de sedimentación fluvial	99	Cuerpos de agua	110_99	1	1	3	4	99	107	1	99	99	99_99
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	100	Red Vial	1802_100	3	2	2	4	3	11	2	II-A	0	II-A
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	1802_11	3	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	111	Hoteles	1802_111	3	2	2	4	2	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	1802_12	3	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	1802_13	3	2	2	4	2	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	141	áreas recreativas	1802_141	3	2	2	3	4	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	15	Industria y otras actividades de alto impacto	1802_15	3	2	2	5	1	10	2	II-F	X-3	II-F_X-3
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	21	Cultivos anuales	1802_21	3	2	2	3	2	9	2	II-A	X-1	II-A_X-1
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	23	Finca de Café	1802_23	3	2	2	3	2	9	2	II-A	0	II-A

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	25	Uso mixto: cultivos anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos	1802_25	3	2	2	3	2	9	2	II-A	X-1	II-A_X-1
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	31	Pastos	1802_31	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	32	Pastos con árboles dispersos	1802_32	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	1802_43	3	2	2	2	5	11	2	II-A	0	II-A
1802	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve moderado	888	Charales	1802_888	3	2	2	5	1	10	2	I-D	0	I-D
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	100	Red Vial	1803_100	2	2	4	4	3	13	2	II-B	0	II-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	100	Red Vial	1803_100	3	3	4	4	3	14	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	1803_11	2	2	4	5	4	15	2	II-B	0	II-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	1803_11	3	3	4	5	4	16	4	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	111	Hoteles	1803_111	3	3	4	4	4	15	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	1803_12	3	3	4	5	4	16	4	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	1803_13	3	3	4	4	4	15	3	III-B	0	III-B

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	14	Zonas Urbanizadas - áreas verdes	1803_14	3	3	4	2	4	13	2	II-B	0	II-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	141	áreas recreativas	1803_141	2	2	4	3	5	14	2	II-B	0	II-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	141	áreas recreativas	1803_141	3	3	4	3	5	15	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	15	Industria y otras actividades de alto impacto	1803_15	2	2	4	5	1	12	2	II-F	X-3	II-F_X-3
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	15	Industria y otras actividades de alto impacto	1803_15	3	3	4	5	1	13	3	II-F	X-3	II-F_X-3
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	191	Cementerios	1803_191	3	3	4	4	2	13	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	21	Cultivos anuales	1803_21	3	3	4	3	3	13	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	23	Finca de Café	1803_23	3	3	4	3	3	13	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	25	Uso mixto: cultivos anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos	1803_25	3	3	4	3	3	13	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	31	Pastos	1803_31	2	2	4	3	3	12	2	II-B	0	II-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	31	Pastos	1803_31	3	3	4	3	3	13	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	32	Pastos con árboles dispersos	1803_32	3	3	4	3	3	13	3	III-B	0	III-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	42	Bosques secundarios	1803_42	2	2	4	2	5	13	2	II-C	0	II-C

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	42	Bosques secundarios	1803_42	3	3	4	2	5	14	2	II-C	0	II-C
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	1803_43	2	2	4	2	5	13	2	II-B	0	II-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	1803_43	3	3	4	2	5	14	2	II-B	0	II-B
1803	Meseta Volcánica - Cenizas (sub)recientes - relieve bajo	44	Charales	1803_44	3	3	4	2	4	13	2	II-B	0	II-B
195	Meseta Volcánica - Humedales	100	Red Vial	195_100	1	1	1	4	3	9	1	I-C	Y-4	I-C_Y-4
195	Meseta Volcánica - Humedales	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	195_11	1	1	1	5	1	8	1	I-C	Y-4	I-C_Y-4
195	Meseta Volcánica - Humedales	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	195_12	1	1	1	5	1	8	1	I-C	Y-4	I-C_Y-4
195	Meseta Volcánica - Humedales	21	Cultivos anuales	195_21	1	1	1	3	2	7	1	I-C	Y-4	I-C_Y-4
195	Meseta Volcánica - Humedales	32	Pastos con árboles dispersos	195_32	1	1	1	3	2	7	1	I-C	Y-4	I-C_Y-4
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	100	Red Vial	2792_100	2	2	2	4	3	11	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	100	Red Vial	2792_100	3	2	2	4	3	11	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2792_11	2	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2792_11	3	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	111	Hoteles	2792_111	3	2	2	4	2	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2792_12	2	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2792_12	3	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	2792_13	2	2	2	4	2	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	2792_13	3	2	2	4	2	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	14	Zonas Urbanizadas - áreas verdes	2792_14	3	2	2	2	5	11	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	141	áreas recreativas	2792_141	3	2	2	3	5	12	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2792_15	2	2	2	5	1	10	2	II-F	X-3	II-F_X-3
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2792_15	3	2	2	5	1	10	2	II-F	X-3	II-F_X-3
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	17	Campos de Golf	2792_17	3	2	2	3	3	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	18	Centros Comerciales	2792_18	3	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	21	Cultivos anuales	2792_21	3	2	2	3	2	9	2	II-A	X-1	II-A_X-1
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	23	Finca de Café	2792_23	2	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	23	Finca de Café	2792_23	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	25	Uso mixto: cultivos anuales/permanentes, pastos y árboles dispersos	2792_25	3	2	2	3	3	10	2	II-A	X-1	II-A_X-1
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	31	Pastos	2792_31	2	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	31	Pastos	2792_31	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	32	Pastos con árboles dispersos	2792_32	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	42	Bosques secundarios	2792_42	2	2	2	2	5	11	2	II-C	0	II-C
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	42	Bosques secundarios	2792_42	3	2	2	2	5	11	2	II-C	0	II-C
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	43	Bosques secundarios Fragmentados / degenerados	2792_43	2	2	2	2	5	11	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	2792_43	3	2	2	2	5	11	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	44	Charales	2792_44	3	2	2	2	4	10	2	II-A	0	II-A
2792	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve moderado	99	Cuerpos de agua	2792_99	3	2	2	4	99	107	2	99	99	99_99
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	100	Red Vial	2793_100	3	2	3	4	3	12	2	II-B	0	II-B
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2793_11	3	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2793_12	3	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	141	áreas recreativas	2793_141	3	2	3	3	5	13	2	II-B	0	II-B
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	18	Centros Comerciales	2793_18	3	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	21	Cultivos anuanles	2793_21	3	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	23	Finca de Café	2793_23	3	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2793_25	3	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	32	Pastos con árboles dispersos	2793_32	3	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
2793	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - relieve bajo	43	Bosques secundarios Fragmentados / degenerados	2793_43	3	2	3	2	5	12	2	II-B	0	II-B
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	100	Red Vial	2794_100	1	1	1	4	3	9	1	I-A	0	I-A
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	100	Red Vial	2794_100	2	1	1	4	3	9	2	I-A	0	I-A
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	100	Red Vial	2794_100	3	1	1	4	3	9	2	I-A	0	I-A
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2794_11	1	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2794_12	1	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	2794_13	1	1	1	4	1	7	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	141	áreas recreativas	2794_141	1	1	1	3	4	9	1	I-A	0	I-A

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2794_15	1	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2794_15	2	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2794_15	3	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	21	Cultivos anuales	2794_21	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	23	Finca de Café	2794_23	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	23	Finca de Café	2794_23	2	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	23	Finca de Café	2794_23	3	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2794_25	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	31	Pastos	2794_31	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	31	Pastos	2794_31	3	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	32	Pastos con árboles dispersos	2794_32	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	32	Pastos con árboles dispersos	2794_32	3	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	42	Bosques secundarios	2794_42	2	1	1	2	5	9	1	I-A	0	I-A
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	42	Bosques secundarios	2794_42	3	1	1	2	5	9	1	I-A	0	I-A

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclas	Sobreuso	Base Ambiental
2794	Meseta Volcánica - Miembro Bermudez - Barrancas	43	Bosques secundarios Fragmentados / degenerados	2794_43	1	1	1	2	5	9	1	I-A	0	I-A
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	0	Cuerpos de agua	2794_99	1	1	1	4	99	105	1	99	99	99_99
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	100	Red Vial	2804_100	2	1	1	4	3	9	1	I-A	0	I-A
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2804_12	2	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	16	Tajos importantes	2804_16	2	1	1	4	2	8	1	I-A	X-3	I-A_X-3
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2804_25	2	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	31	Pastos	2804_31	2	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	44	Charales	2804_44	2	1	1	2	4	8	1	I-A	0	I-A
2804	Meseta Volcánica - Formación Lavas Intracañon- Barrancas	99	Cuerpos de agua	2804_99	2	1	1	4	99	105	1	99	99	99_99
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	100	Red Vial	2902_100	2	2	2	4	3	11	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	100	Red Vial	2902_100	3	2	2	4	3	11	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2902_11	3	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	111	Hoteles	2902_111	3	2	2	4	2	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2902_12	2	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2902_12	3	2	2	5	2	11	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	2902_13	3	2	2	4	2	10	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2902_15	3	2	2	5	1	10	2	II-F	X-3	II-F_X-3
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	17	Campos de Golf	2902_17	3	2	2	3	2	9	2	II-A	X-2	II-A_X-2
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	21	Cultivos anuales	2902_21	3	2	2	3	2	9	2	II-A	X-1	II-A_X-1
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	22	Cultivos permanentes	2902_22	3	2	2	3	2	9	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	23	Finca de Café	2902_23	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2902_25	2	2	2	3	2	9	2	II-A	X-1	II-A_X-1
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2902_25	3	2	2	3	2	9	2	II-A	X-1	II-A_X-1

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	31	Pastos	2902_31	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	32	Pastos con árboles dispersos	2902_32	2	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	32	Pastos con árboles dispersos	2902_32	3	2	2	3	3	10	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	42	Bosques secundarios	2902_42	2	2	2	2	5	11	2	II-C	0	II-C
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	42	Bosques secundarios	2902_42	3	2	2	2	5	11	2	II-C	0	II-C
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	2902_43	3	2	2	2	5	11	2	II-A	0	II-A
2902	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve moderado	44	Charrales	2902_44	3	2	2	2	4	10	2	II-A	0	II-A
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	100	Red Vial	2903_10_0	2	2	3	4	3	12	2	II-B	0	II-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	100	Red Vial	2903_10_0	3	3	3	4	3	13	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2903_11	2	2	3	5	2	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2903_11	3	3	3	5	4	15	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	111	Hoteles	2903_11_1	3	3	3	4	4	14	3	III-B	0	III-B

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclas	Sobreuso	Base Ambiental
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2903_12	2	2	3	5	2	12	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2903_12	3	3	3	5	4	15	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	2903_13	3	3	3	4	4	14	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	14	Zonas Urbanizadas - áreas verdes	2903_14	3	3	3	2	5	13	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	141	áreas recreativas	2903_14_1	2	2	3	3	4	12	2	II-B	X-2	II-B_X-2
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	141	áreas recreativas	2903_14_1	3	3	3	3	4	13	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	15	Industria y otras actividades de altoimpacto	2903_15	2	2	3	5	1	11	2	II-F	X-3	II-F_X-3
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	15	Industria y otras actividades de altoimpacto	2903_15	3	3	3	5	1	12	3	II-F	X-3	II-F_X-3
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	16	Tajos importantes	2903_16	3	3	3	4	2	12	3	II-F	X-3	II-F_X-3
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	17	Campos de Golf	2903_17	3	3	3	3	3	12	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	19	Iglesias	2903_19	3	3	3	4	4	14	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	21	Cultivos anuales	2903_21	3	3	3	3	3	12	3	III-B	0	III-B

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	23	Finca de Café	2903_23	3	3	3	3	3	12	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2903_25	2	2	3	3	2	10	2	II-B	X-1	II-B_X-1
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2903_25	3	3	3	3	3	12	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	31	Pastos	2903_31	2	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	31	Pastos	2903_31	3	3	3	3	3	12	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	32	Pastos con árboles dispersos	2903_32	2	2	3	3	3	11	2	II-B	0	II-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	32	Pastos con árboles dispersos	2903_32	3	3	3	3	3	12	3	III-B	0	III-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	42	Bosques secundarios	2903_42	3	3	3	2	5	13	2	II-C	0	II-C
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	2903_43	2	2	3	2	5	12	2	II-B	0	II-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	43	Bosques secundarios fragmentados / degenerados	2903_43	3	3	3	2	5	13	2	II-B	0	II-B
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	888	Patrimonio Cultural	2903_888	3	3	3	5	1	12	3	I-D	0	I-D

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_tms	geomorfología	code_uso	uso actual	tms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2903	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - relieve bajo	99	Cuerpos de agua	2903_99	3	3	3	4	99	109	3	99	99	99_99
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	100	Red Vial	2904_100	1	1	1	4	3	9	1	I-A	0	I-A
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	100	Red Vial	2904_100	2	1	1	4	3	9	1	I-A	0	I-A
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	11	Zonas Urbanizadas - densidad alta	2904_11	1	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	111	Hoteles	2904_111	1	1	1	4	1	7	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2904_12	1	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	12	Zonas Urbanizadas - densidad moderada	2904_12	2	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	13	Zonas Urbanizadas - densidad baja	2904_13	1	1	1	4	1	7	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2904_15	1	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	15	Industria y otras actividades de alto impacto	2904_15	2	1	1	5	1	8	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	16	Tajos importantes	2904_16	2	1	1	4	2	8	1	I-A	X-3	I-A_X-3
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	17	Campos de Golf	2904_17	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-2	I-A_Y-2
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	21	Cultivos anuanles	2904_21	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1

Informe de Zonificación de Fragilidad Ambiental del Cantón de Belén, Heredia, Costa Rica

code_fms	geomorfología	code_uso	uso actual	fms_uso	Amenaza por Inundaciones	IFA Geoapt	IFA Edafoapt	IFA Bioapt	IFA Antropoapt	suma	IFA Integrado	IFA subclass	Sobreuso	Base Ambiental
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	23	Finca de Café	2904_23	2	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2904_25	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	25	Uso mixto: cultivos anuales / permanentes, pastos y árboles dispersos	2904_25	2	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	31	Pastos	2904_31	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	31	Pastos	2904_31	2	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	32	Pastos con árboles dispersos	2904_32	1	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	32	Pastos con árboles dispersos	2904_32	2	1	1	3	1	6	1	I-A	Y-1	I-A_Y-1
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	42	Bosques secundarios	2904_42	1	1	1	2	5	9	1	I-A	0	I-A
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	42	Bosques secundarios	2904_42	2	1	1	2	5	9	1	I-A	0	I-A
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	43	Bosques secundarios Fragmentados / degenerados	2904_43	1	1	1	2	5	9	1	I-A	0	I-A
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	43	Bosques secundarios Fragmentados / degenerados	2904_43	1	1	1	2	5	9	1	I-A	0	I-A
2904	Meseta Volcánica - Formación Avalancha Ardiente - barrancas	44	Charrales	2904_44	2	1	1	2	4	8	1	I-A	0	I-A

IFA Integrado / Subclasificación

muy alto	4 - 7
alto	8 - 11
moderado	12 - 15
bajo	16 - 18
muy bajo	19 - 20

Esta valoración se realiza de conformidad con lo que establece el mismo DE32967: *La calificación de las variables se ha establecido según datos de bibliografía técnica y científica conocida internacionalmente y también en virtud de la aplicación práctica del método en programas de OAT previamente desarrollada por algunos autores, no obstante, los usuarios del sistema deben tener claro que la valoración que allí se indica es orientativa y que la misma no debe sustituir el criterio de experto del profesional responsable de su aplicación, quien en virtud de sus conocimientos, de la información técnica disponible, incluyendo aquella colectada en el campo, será quien en última instancia determine el valor a incluir y con ello la limitante o potencialidad técnica que deberá ser considerada en el proceso”.*

Se trata de una Declaración Jurada, según la Cláusula de Responsabilidad Ambiental.

Es importante destacar que, con base en esta zonificación de fragilidad ambiental, es posible establecer un Plan Regional de Uso del Territorio, que respete las condiciones naturales del terreno y garantice un uso sostenible de los recursos del mismo.

También es posible realizar una valoración general sobre los sitios potencialmente aptos para el desarrollo de determinado tipo de actividades humanas, como son sitios de desarrollo de infraestructura, de actividad agrícola o en su defecto de conservación de la naturaleza.

Tomando en cuenta las recomendaciones de la Tabla de Limitantes Técnicas del Atlas de Mapas, referente a las diferentes subcategorías del IFA integrado es posible iniciar un desarrollo sano y equilibrado, que garantice que las futuras generaciones tengan la oportunidad de aprovechar la belleza del terreno, así como los recursos naturales presentes en el Cantón de Belén.

Es importante aclarar, sin embargo, que las recomendaciones establecidas en la Tabla de Limitantes Técnicas del Atlas de Mapas sobre el posible uso del terreno, se refiere precisamente a eso: “recomendaciones”.

Esto por cuanto, todavía no se dispone a nivel nacional, de un instrumento técnico y legal que establezca de forma estandarizada, los parámetros ambientales de uso potencial del territorio que permitan hacer, a nivel de cartografía de fragilidad ambiental, una sugerencia más concreta y acertada sobre el uso que se le debe dar al suelo en función de sus limitantes técnicas.

Las recomendaciones que se señalan en la Tabla de Limitantes Técnicas del Atlas de Mapas se plantean al equipo planificador responsable de la elaboración del Plan de Manejo y del plan regulador para cada cantón o en su defecto para planes maestros arquitectónicos (o planes ambientales de desarrollo que se hagan a menor escala).

Bajo ninguna circunstancia se debe considerar que la recomendación técnica señalada puede servir de argumento técnico para irrespetar o transgredir las restricciones y prohibiciones establecidas en la legislación vigente en el país.

6.3 Tabla de limitantes y potencialidades técnicas

En el **Altas de Mapas** se presenta la Tabla de Limitantes técnicas y recomendaciones de uso del suelo según la zonificación de IFA, es decir, IFA Subclasificación.

Esta Tabla se ha elaborado como un resumen de las condiciones de limitantes y potencialidades técnicas de los diferentes factores ambientales de IFA analizados para Geoaptitud, Edafoaptitud, Antropoaptitud y Bioaptitud.

La Tabla sigue el formato establecido en el Anexo 2 del Decreto Ejecutivo no. 32967 – MINAE, solo que en la componente de limitantes y potencialidades se pasa a Recomendaciones de uso del suelo, con sus respectivas condicionantes ambientales. Esto se hace así, según lo permite el criterio de experto que establece dicho Anexo 2.

Se aclara que se trata de una Tabla resumen a fin de facilitar su manejo y comprensión por parte del equipo planificador que debe elaborar la propuesta de Plan Regulador.

7 Referencias

- Arredondo, S. (1995): Delimitación de las zonas de protección a los acuíferos en el área de influencia de Belén, Heredia. – Informe Técnico del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), 200 pág., (inédito).
- Arredondo, S. & Suárez, A., 1993: Mapa Hidrogeológico de la Gran Área Metropolitana – En DENYER, P & KUSSMAUL, S (compiladores), 1994: Atlas geológico, Gran Área Metropolitana – Editorial Tecnológica de Costa Rica
- Astorga, A., Fernández, A., Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A. & Obando, L. (1989): Cuencas Sedimentarias de Costa Rica: Evolución Cretácico Superior-Cenozoica y Potencial de Hidrocarburos. Symposium on the Energy and Mineral Potential of the Central American-Caribbean Region, San José, Costa Rica, March 6-9, 1989, Circumpacific Council: 23 p.
- Astorga, A., Fernández, A., Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A. & Obando, L. (1991): Cuencas sedimentarias de Costa Rica: evolución geodinámica y potencial de hidrocarburos. – Revista Geológica de América Central, 13: 25 -59.
- Astorga, A.; Fernández, J.A.; Barboza, G.; Campos, L.; Obando, J.; Aguilar, A. & Obando, L.; 1995: Sedimentary basins of Costa Rica: Late Mesozoic-Cenozoic evolution and hydrocarbon potential. -Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series, 16. MILLER, R.L.; ESCALANTE, G., REINEMUND, J.A. & BERGIN, M.J. (EDS.): Energy and Mineral Potential of the Central American-Caribbean Region. Springer-Verlag, Berlin.

- Astorga, A., Campos, L. (2001): El cartografiado de geopotencial de los terrenos (Mecanismo catalizador para sintetizar y facilitar la contribución de las Ciencias Geológicas en el Ordenamiento Territorial).- Revista Geológica de América Central, 24, 103 - 110.
- Astorga, A. (1997): El puente-istmo de América Central y la evolución de la Placa Caribe (con énfasis en el Mesozoico).- Profil, 12: 1-201; Stuttgart (Alemania).
- Astorga, A., Fernández, A., Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A. & Obando, L. (1989): Cuencas Sedimentarias de Costa Rica: Evolución Cretácico Superior-Cenozoica y Potencial de Hidrocarburos. Symposium on the Energy and Mineral Potential of the Central American-Caribbean Region, San José, Costa Rica, March 6-9, 1989, Circumpacific Council: 23 p.
- Astorga, A., Fernández, A., Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A. & Obando, L. (1991): Cuencas sedimentarias de Costa Rica: evolución geodinámica y potencial de hidrocarburos. – Revista Geológica de América Central, 13: 25 -59.
- Astorga, A., Campos, L. & Ortiz, A. (2004): Avances en el control de la contaminación ambiental en la Cuenca del Río Virilla, Costa Rica, con énfasis en los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Informe Técnico del Proyecto de Apoyo a la Consolidación de la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental en el Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica, 102 p.
- Bergoing, J.P. (1998): Geomorfología de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, 415 p.
- BGS – SENARA, 1985: Mapa Hidrogeológico del Valle Central de Costa Rica – Gran Bretaña, escala 1:50 000

- Bolaños, R y Watson, V. (2003): Mapa ecológico de Costa Rica: según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge; Centro Científico Tropical; aporte económico del ICE; Escala 1:200.000. San José, Costa Rica.
- Campos, L. (2001): Geology and Basins history of Middle Costa Rica: An intraoceanic island arc in the convergente between the Caribbean and the Central Pacific Plates. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten (TGA), Band 62, 138 p.
- Carballo, M.& Fischer, R. (1978): La Formación San Miguel.- Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Inst. Geog. Nacional, Informe Semestral - Enero a Junio, 48-144.
- Castillo, R. (1969): Geología de los mapas básicos Abra y partes de Río Grande, Costa Rica.- Inf. Meic., 40 p.
- Chávez, L. (2002): Estudio Biológico del Plan de Gestión Ambiental, Condominio La Francia, Ingeniero Gerardo Castillo.
- Chávez, L. (2006): Estudio biológico del Plan de Gestión Ambiental, Urbanización Monte Roca, Indeca.
- Deer, D.V. & Patton, F.D. (1970): Slope stability in residual soils. En: 4th. Proceedings. Pan – American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, v.1: 87 – 170, ASCE, San Juan.
- DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F. & Stein, S. (1990): Current plate motions.- Geophysical Journal International, 101: 425-478.
- Dengo, G. (1985): Mid America; tectonic setting for the Pacific margin from southern Mexico to northwest Columbia.- In: Nairn, A.E.M. & Stehli, F.G. (Eds.) (1985): The ocean basins and margins, Vol. 7, 123-180.

- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G. (2003): Atlas tectónico de Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica, Serie Reporte Técnicos, 81 p (San José).
- Deyner, P. & Arias, M. (1991): Estratigrafía de la región central de Costa Rica.- Rev. Geol. América Central (12): 1-59.
- Echandi, E. (1981): Unidades Volcánicas de la Vertiente Norte de la Cuenca del Río Virilla.- Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, 123 p.
- IFAM. "Atlas cantonal de Costa Rica". San José, Costa Rica: Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM); 1987.
- IFAM. "Cantones de Costa Rica: datos básicos". 6ª Edición. San José, Costa Rica: Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM); 1992.
- INEC. "Costa Rica: Cálculo de Población por provincia, cantón y distrito al 1 de enero de 1999". San José, Costa Rica: Ministerio de Economía Industria y Comercio, Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Sección Estadísticas Vitales; 1999.
- Foster, S.S.D. (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. Proc. Intl. Conf. "Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants" (Noordwijk, The Netherlands / April, 1987).
- Foster, S. & Hirata, R. (1991): Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas. – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Panamericana de la Salud, 80 p. (Lima).
- Losilla, M., Rodríguez, H., Schosinsky, G., Stimson, J. & Bethune, D. (2001): Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central. – Editorial de la Universidad de Costa Rica, 205 p.

MAG (1995): Metodología para la determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica.- 60p., San José, Costa Rica.

Manso, P., Stolz W. y Fallas J.C. 2005. El régimen de la precipitación en Costa Rica. IMN. AMBIENTICO. Escuela de Ciencias Ambientales Universidad Nacional. Edición Septiembre del 2005. San José, Costa Rica. Pp. 7-8

MENDE, A. (2001): Sedimente und Architektur der Forearc-und Backarc-Becken von Südost-Costa Rica und Nordwest-Panamá.- Profil 19, 1-130, Stuttgart (Alemania).

MIRVYS (1993): A preliminary evaluation of earthquake and volcanic hazards, significant to the mayor population centers of the Central Valley. Informe técnico, realizado por Universidad Nacional Autónoma, Universidad de Costa Rica, ICE, CNE y Roy F. Weston Inc.

Paniagua, S. & Kussmaul, S. (1990): Estratigrafía volcánica del Valle Central (Costa Rica) en las proximidades de San José y Cartago. Informe técnico Proyecto MIRVYS, Investigaciones Volcanológicas en el Valle Central, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, 45 p.

Protti, R. (1986): Geología del flanco sur del volcán Barva. – Bol. Vulcanología, Universidad Nacional (17): 23 – 31 (Heredia).

Ramírez, R. & Alfaro, A. (2002): Mapa de vulnerabilidad hidrogeológica de una parte del Valle Central de Costa Rica. – Revista Geológica de América Central, 27: 53 – 60.

Reynolds, J. (Ed., 2001): Manejo integrado de Aguas Subterráneas, un reto para el futuro. – Editorial Universidad Estatal a Distancia. 325 p.

Salazar, L.G. & Madrigal, R. (1994): Unidades geomorfológicas y su relación directa con la litología.- En Denyer, P. & Kussmaul, S. (Eds.): Atlas Geológico de la Gran Área Metropolitana, Costa Rica.

- Schosinsky, G. & Vargas, A., 2001: Hidrogeología de un sector de la margen izquierda del Río Virilla, Provincia de San José, Costa Rica - Revista Geológica de América Central, N° 24; Editorial Universidad de Costa Rica, junio: 93-102 pp.
- SENARA (2016): Mapa de Vulnerabilidad Hidrogeológica del cantón de Belén. Informe Técnico de la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica del SENARA.
- Valerio, C., 1999. Costa Rica ambiente y biodiversidad. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBIO 1ed. Belén Heredia. Pg 139.
- Vargas, A. (Ed., 2002): Número especial de Hidrogeología. – Revista Geológica de América Central. Universidad de Costa Rica, Escuela Centroamericana de Geología, No. 27 (San José).
- Vargas, I. (2009): Delimitación de zonas de protección de los pozos de abastecimiento público del cantón de Belén. Informe Técnico, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica, 70 p.
- Vrba, J. & Zoporozec, A. (1994): Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. – International Association of Hydrogeologists, International Contributions to Hydrogeology, Vol. 16, 131 p.

Derechos de autor:

La información técnica aquí generada se ha realizado sobre la base de la aplicación del Método del Índice de Fragilidad Ambiental establecido mediante el Decreto Ejecutivo No. 32967 – MINAE y elaborado bajo FE DE JURAMENTO. Razón por la cual los derechos de autor de la información técnica se mantienen en el creador de la metodología y coordinador del presente estudio técnico, así como de la firma consultora INDECA Ltda.