



Santo DOMINGO

Plan Regulador

Índice de Fragilidad Ambiental (IFA)

Elaborado por:

Programa de Investigación en
Desarrollo Urbano Sostenible
(ProDUS) Universidad de Costa Rica (UCR).
Por medio de Fundación de la Universidad
de Costa Rica (Fundación UCR)

Setiembre 2023

Elaborado para

Municipalidad de Santo Domingo

Información adicional:

produs@ucr.ac.cr
www.produs.ucr.ac.cr
25112777

CRÉDITOS

Dirección, redacción y edición:

Ing. Jonathan Agüero Valverde, Ph.D.

Consultores:

IFA Geoaptitud (factor litopetrofísico y amenazas naturales)- Geol. José Daniel López Oviedo

IFA Geoaptitud (factor hidrogeológico)- M.Sc. Erick Orozco Orozco y Geol. Paola Alvarado Piedra

IFA Bioaptitud M.Sc. Marco Retana López

IFA Edafaptitud M.Sc. Mario Villatoro

IFA Antropoaptitud Ph.D. Jonathan Agüero Valverde

Aspectos jurídicos:

Lic. María Fernanda Murillo Mesén

Arqueología:

Lic. Gustavo Adolfo Gómez Quesada

Paisajismo:

Ph.D. Jonathan Agüero Valverde

Asistentes:

Daniel Navarro Campos

Axell Soto Martínez

Índices de Fragilidad Ambiental (IFAs) para el cantón de Santo Domingo

Componente Geoaptitud

Contenido

Introducción	1
1. IFA Geoaptitud	7
1.1. Factor litopetrofísico	7
1.2. Factor geodinámica externa	51
1.3. Factor hidrogeológico	64
1.4. Factor estabilidad de laderas (deslizamientos)	81
1.5. Factor amenazas naturales	90
1.6. IFA Geoaptitud integrado	111
2. IFA Bioaptitud	114
2.1 Biotopos sensibles	115
2.2 Cuerpos de agua	115
2.3 Zonas de Vida	115
2.4 Áreas sujetas a pagos por servicios ambientales	117
2.5 Tipos de cobertura o usos del suelo desde el punto de vista biológico	117
2.6 IFA bioaptitud integrado	122
3. IFA Edafoaptitud	132
3.1 Categorías de uso de la tierra	133
3.2 Potencial agrícola por fertilidad del suelo	136
3.3 IFA Integrado Edafoaptitud	140
3.4 Referencias bibliográficas	145
4. IFA Antropoaptitud	150
4.1 IFA uso antrópico	150
4.2 Paisajismo	211
4.3 IFA Antropoaptitud integrado	220
5. IFA Integrado	222

Índice de Tablas

Tabla 1-1. Parámetros por evaluar para el factor Litopetrofísico	30
Tabla 1-2. Parámetros estándar para la clasificación de la resistencia compresión simple de suelos arcillosos y categorías asignadas para cada unidad Litopetrofísica definida. (Tomado y Modificado de Gonzales, 2002).....	31
Tabla 1-3. Criterios cualitativos para la clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso (Tomado y modificado de González, 2002).....	32
Tabla 1-4. Ponderación de los criterios de evaluación para el factor litopetrofísico, para el cantón de Santo Domingo.....	34
Tabla 1-5. Definición de los rangos de clasificación del factor litopetrofísico.....	35
Tabla 1-6. Tabla de limitantes y Potencialidades Técnicas	37
Tabla 1-7. Criterio y peso de los valores del Factor Litopetrofísico	38
Tabla 1-8. Valor y rango del subfactor de pendiente	52
Tabla 1-9. Valor y rango del subfactor de relieve relativo.....	52
Tabla 1-10. Valor y rango del subfactor de densidad de drenaje	53
Tabla 1-11. Clasificación para criterio valor IFA sedimentación	54
Tabla 1-12. Clasificación para criterio valor IFA erosión	54
Tabla 1-13. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor geodinámica externa.....	55
Tabla 1-14. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor geodinámica externa	56
Tabla 1-15. Certidumbres técnicas del factor geodinámica externa	56
Tabla 1-17. Categorías del índice de perfil hidrogeológico, según Decreto N° 32967	69
Tabla 1-18. Clasificación de la precipitación media anual	70
Tabla 1-19. Resumen de índices GOD utilizados.....	71
Tabla 1-20. Sumatoria de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor hidrogeológico.	73
Tabla 1-21. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor hidrogeológico.	73
Tabla 1-22. Certidumbres técnicas del factor hidrogeológico.	74
Tabla 1-23. Variables descritas en otras secciones	82
Tabla 1-24. Clasificación de la condición de precipitación de los tres meses más lluviosos para el cálculo del factor deslizamientos.....	84
Tabla 1-25. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor estabilidad de laderas o deslizamientos.....	85
Tabla 1-26. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor estabilidad de laderas.....	86
Tabla 1-27. Certidumbres técnicas del factor estabilidad de laderas.....	86
Tabla 1-28. Clasificación del potencial sísmico Regional para la zona de estudio.	92
Tabla 1-29. Criterio de clasificación IFA Potencial sísmico Local. Fuente decreto 32967 (Anexo 2).....	94
Tabla 1-30.Susceptibilidad a la licuefacción de las unidades geomorfológicas.	95
Tabla 1-31.Criterios de potencial de licuefacción para el área de estudio en función de la geomorfología.....	95
Tabla 1-32. Criterio de clasificación para el factor amenaza por licuefacción.....	96
Tabla 1-33. Valor y rango de afectación del subfactor potencial de fractura en superficie por falla geológica activa.	96
Tabla 1-34. Valor y rango de afectación del subfactor de amenaza volcánica.	97
Tabla 1-35. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo factor amenazas naturales.....	98
Tabla 1-36. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor amenazas naturales	98
Tabla 1-37. Certidumbres técnicas del factor amenazas naturales	99

Tabla 1-38. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA geoaptitud integrado	111
Tabla 1-39. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA geoaptitud	112
Tabla 2-2. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA bioaptitud	122
Tabla 2-3. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA bioaptitud	123
Tabla 3-1. Distribución por áreas según el uso de suelo en el cantón de Santo Domingo, Heredia. 2022	134
Tabla 3-2. Distribución porcentual de áreas en el cantón de Santo Domingo según Fragilidad Ambiental Categorías de uso de la Tierra.....	135
Tabla 3-3. Categorías y parámetros de fertilidad requeridos de acuerdo con la metodología “Determinación de la capacidad de uso de las tierras Agroecológicas de Costa Rica” (Decreto Ejecutivo N° 41960-MAG-MINAE del 18 de julio de 2019, publicado en La Gaceta N° 251	136
Tabla 3-4. Resultados químicos y físicos (textura) de muestras de suelo provenientes del cantón de Santo Domingo, Costa Rica. KCl-Olsen modificado como solución extractora. Metodología Bouyucos para textura. Muestreo: febrero 2023	139
Tabla 3-5. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA edafoaptitud final (no fragilidad) a partir de dos componentes: Capacidad de Uso de Tierras y de fertilidad del suelo.	141
Tabla 3-6. Índices IFA Edafoaptitud para el cantón de Santo Domingo, limitantes y potencialidades técnicas vinculadas.	142
Tabla 3-7. Índices IFA Edafoaptitud para el cantón de Santo Domingo, usos no recomendados y usos recomendados.	144
Tabla 4-1. Categorización de la variable uso del suelo del IFA antropoaptitud	151
Tabla 4-2. Inventario: sitios arqueológicos registrados en Santo Domingo, Heredia.	158
Tabla 4-3. Temporalidad y funcionalidad: sitios arqueológicos registrados en Santo Domingo, Heredia.....	159
Tabla 4-4. Contexto ambiental, área estimada, método de datación, estado de conservación y material excavado para los sitios arqueológicos registrados en Santo Domingo, Heredia.....	161
Tabla 4-5. Sitios arqueológicos en la margen izquierda río Virilla (cantón Tibás)	166
Tabla 4-6. Zona de Fragilidad Arqueológica asociada a sitios arqueológicos de Santo Domingo de Heredia.....	186
Tabla 4-7 Inmuebles declarados Patrimonio Histórico Arquitectónico en el cantón de Santo Domingo	199
Tabla 4-8. Limitaciones y potencialidades técnicas del IFA antropoaptitud- uso del suelo Antrópico.	204
Tabla 4-9. Tipologías del paisaje identificadas en el cantón.....	214
Tabla 4-10. Métodos de valoración de la calidad visual	215
Fuente: Aguiló y Blanco (1981).....	215
Tabla 4-11. Resultados de la ponderación de tipologías de paisaje.....	216
Tabla 4-12. Categorías de reclasificación de los hitos observables para el cálculo del IFA paisajismo.....	217
Tabla 4-13. Limitaciones y potencialidades técnicas del IFA antropoaptitud- paisajismo	217
Tabla 4-14. Categorías de reclasificación para el cálculo del IFA antropoaptitud.....	220
Tabla 4-15. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA antropoaptitud	220
Tabla 5-1. Categorías de IFA integrado	222
Tabla 5-2. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA Integrado.....	223

Índice de Figuras

Figura 1-1. Secuencia de rocas de la Fm. Tiribí, en superficie se encuentra una capa de suelo de 1 metro, luego una capa de 10 mts de ignimbrita soldada, posteriormente se observa una capa de unos 15 metros de ignimbritas fracturadas. Coordenadas Crtm05 1102189 N / 490539 E	11
Figura 1-2. Ignimbrita Soldada fracturada de la formación Tiribí. Coordenadas Crtm05 1102189 N / 490539 E	11
Figura 1-3. Depósito asociado a la Fm. Barva. Localizada en las coordenadas crtm05 1106036 N/ 494912 E	13
Figura 1-4. Depósitos Aluviales en cauce río Virilla. Coordenadas Crtm05 1104960 N / 496353 E	14
Figura 1-5. Perfil geológico A-B para el cantón de Santo Domingo.....	16
Figura 1-6. Perfil geológico C-D para el cantón de Santo Domingo	17
Figura 1-7. Vista de la topografía plana generada por efectos de la deposición de flujos ignimbíticos sobre el cantón de Santo Domingo. Coordenadas Crtm05 1104960 N / 496353 E	21
Figura 1-8. Vista desde la zona de alta pendiente localizada al este del cantón.	23
Figura 1-9. Laderas Denudacionales de Moderada pendiente cercanas al cauce del Río Virilla.....	25
Figura 1-10. Vista desde el Puente sobre el río Virilla, sector cercano al límite con la Uruca coordenadas Crtm05 1101484 N /487949 E.	27
Figura 1-11. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor geodinámica externa	51
Figura 1-12. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor hidrogeológico.	65
Figura 1-13. Ubicación de perfiles hidrogeológicos.....	68
Figura 1-14. Perfiles hidrogeológicos	68
Figura 1-15. Resumen de los índices de la metodología GOD. Modificado de (Foster et al., 2002).....	72
Figura 1-16. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor estabilidad de ladera o deslizamientos	83
Figura 1-17. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor amenazas naturales.....	90
Figura 2-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA bioaptitud.	114
Figura 2-2. Charrales con árboles pioneros en altas pendientes o zonas de protección en ríos.	118
Figura 2-3. Algunos sectores con remanentes de bosque secundario.	120
Figura 2-4. Zonas de cultivos en el cantón Santo Domingo, café, tomate, cebolla, pastos.	121
Figura 3-1. Porcentaje de área de estudio según fragilidad ambiental por el factor de Categorías de uso potencial de la Tierra. Santo Domingo	135
Figura 3-2. Paisajes de los suelos muestrados en los puntos 1 y 2, Santo Domingo de Heredia.....	137
Figura 3-3. Paisajes de los suelos muestrados en los puntos 3 y 4, Santo Domingo de Heredia.....	138
Figura 3-4. Paisajes de los suelos muestrados en los puntos 5 y 6, Santo Domingo de Heredia.....	138
Figura 3-5. Paisajes de los suelos muestrados en el punto 7, Santo Domingo de Heredia.	138
Figura 4-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA antropoaptitud....	150



Figura 4-2. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA antropoaptitud uso del suelo	203
Figura 5-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA integrado.....	222

Índice de Mapas

Mapa 1.1-1 Geología del cantón de Santo Domingo.....	41
Mapa 1.1-2 Geomorfología del cantón de Santo Domingo	42
Mapa 1.1-3 Dureza.....	43
Mapa 1.1-4 Grado de cohesión	44
Mapa 1.1-5 Factor de lineación	45
Mapa 1.1-6 Grado de meteorización	46
Mapa 1.1-7 Espesor de la capa de suelo	47
Mapa 1.1-8 Contenido de arcilla.....	48
Mapa 1.1-9 Permeabilidad	49
Mapa 1.1-10 Factor litopetrofísico integrado	50
Mapa 1.2-1 Pendientes en el cantón de Santo Domingo	58
Mapa 1.2-2 Relieve relativo en el cantón de Santo Domingo.....	59
Mapa 1.2-3 Densidad de drenaje	60
Mapa 1.2-4 Erosión	61
Mapa 1.2-5 Sedimentación.....	62
Mapa 1.2-6 Factor geodinámica externa integrado	63
Mapa 1.3-1 Hidrogeología del cantón de Santo Domingo	75
Mapa 1.3-2 Índice del perfil hidrogeológico	76
Mapa 1.3-3 Potencial de infiltración	77
Mapa 1.3-4 Precipitación.....	78
Mapa 1.3-5 Índice GOD	79
Mapa 1.3-6 Factor hidrogeológico integrado	80
Mapa 1.4-1 IFA tres meses más lluviosos.....	87
Mapa 1.4-2 Dirección de talud.....	88
Mapa 1.4-3 Factor estabilidad de laderas o deslizamientos integrado	89
Mapa 1.5-1 Sismicidad regional	102
Mapa 1.5-2 Sismicidad local.....	103
Mapa 1.5-3 Fallas activas	104
Mapa 1.5-4 Amenaza volcánica	105
Mapa 1.5-5 Inundaciones	106
Mapa 1.5-6 Potencial de licuefacción.....	107
Mapa 1.5-7 Tsunami	108
Mapa 1.5-8 Factor amenazas naturales integrado	109
Mapa 1.5-9 Amenazas Naturales CNE	110
Mapa 1.6-1 IFA Geoaptitud Integrado	113
Mapa 2.1. Biotopos sensibles.....	124
Mapa 2.2. Cuerpos de agua	125
Mapa 2.3. Zonas de vida	126
Mapa 2.4. Categorías de manejo.	127
Mapa 2.5. Tipo de Cobertura biótica	128
Mapa 2.6 IFA Corredores Biológicos.....	129
Mapa 2.7 Bioaptitud Integrada	130
Mapa 3.1 Tipo de Suelo	146
Mapa 3.2 Fertilidad del Suelo.....	147

Mapa 3.3 Capacidad de uso del suelo	148
Mapa 3.4 IFA integrado de Edafocapacidad	149
Mapa 4.1 Áreas de Desarrollo Futuro	205
Mapa 4.2 Red vial	206
Mapa 4.3 Áreas silvestres protegidas	207
Mapa 4.4 Uso del suelo antrópico	208
Mapa 4.5. Patrimonio arquitectónico y sitios arqueológicos	209
Mapa 4.6. IFA Uso antrópico	210
Mapa 4.7 IFA Paisajismo	219
Mapa 4.8 IFA Antropoaptitud Integrado	221
Mapa 5.1 IFA integrado	224