



Índices de Fragilidad Ambiental (IFAs)

Actualización del Plan Regulador del
cantón Goicoechea

Elaborado por: Programa de Investigación en
Desarrollo Urbano Sostenible ProDUS-UCR
Para: Municipalidad de Goicoechea



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

2024

CRÉDITOS

Dirección, redacción y edición:

Ing. Jonathan Agüero Valverde, Ph.D.

Redacción y edición:

Arq. Alana Castillo Cubillo

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 Edafoaptitud 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:

Arq. Alana Castillo Cubillo

Cartografía:

Ing. José Pablo Paniagua Fernández

Nota:

El equipo profesional está conformado por personas con los conocimientos y experiencia necesaria para la elaboración de los estudios y documentos que se presentan. Las diversas disciplinas incluidas cumplen con la generalidad del artículo 5.14.1.2 del Decreto Ejecutivo 32967, Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA)-Parte III.

Índice de contenidos

Introducción	1
1. IFA Geoaptitud	8
1.1. Factor litopetrofísico.....	8
1.2. Factor geodinámica externa.....	47
1.3. Factor hidrogeológico.....	60
1.4. Factor estabilidad de laderas (deslizamientos)	86
1.5. Factor amenazas naturales.....	95
1.6. IFA Geoaptitud integrado	121
2. IFA Edafoaptitud.....	124
2.1. El Factor de Edafoaptitud.....	124
2.2. Categorías de uso del suelo.....	126
2.3. Potencial agrícola por fertilidad del suelo.....	128
2.4. Potencial agrícola por capacidad de uso del suelo	134
3. IFA Bioaptitud	139
3.1. Caracterización Biológica.....	143
3.2. Zonas sujetas a pagos por servicios ambientales.....	145
3.3. Biotopos sensibles y cuerpos de agua	145
3.4. Zonas de Vida descritas para el cantón	152
3.5. Tipo de Cobertura Biótica	155
3.6. Categorías de Manejo.....	155
3.7. Corredores biológicos	155
3.8. IFA bioaptitud integrado	156
4. IFA Antropoaptitud.....	174
4.1. IFA uso antrópico	182
4.2. Paisajismo.....	238
4.3. IFA Antropoaptitud integrado	248
5. IFA Integrado.....	251

Índice de Tablas

Tabla 1- 1. Parámetros a evaluar para el factor litopetrofísico	27
Tabla 1- 2. Parámetros estándar para la clasificación de la resistencia compresión simple de suelos arcillosos y categorías asignadas para cada unidad litopetrofísica definida. .	28
Tabla 1- 3. Criterios cualitativos para la clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso	29
Tabla 1- 4. Ponderación de los criterios de evaluación para el factor litopetrofísico	30
Tabla 1- 5. Tabla de limitantes y potencialidades técnicas del factor litopetrofísico.....	32
Tabla 1- 6. Certidumbres técnicas del factor litopetrofísico.....	33
Tabla 1- 7. Valor y rango del subfactor de pendiente.....	48
Tabla 1- 8. Valor y rango del subfactor de relieve relativo	48
Tabla 1- 9. Valor y rango del subfactor de densidad de drenaje	49
Tabla 1- 10. Clasificación para criterio valor IFA sedimentación.....	50
Tabla 1- 11. Clasificación para criterio valor IFA erosión	51
Tabla 1- 12. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor geodinámica externa	51
Tabla 1- 13. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor geodinámica externa..	52
Tabla 1- 14. Certidumbres técnicas del factor geodinámica externa.....	52
Tabla 1- 15. Clasificación IFA de acuerdo a la densidad de drenaje	68
Tabla 1- 16. Categorías del índice de perfil hidrogeológico según Decreto N°32967 ...	69
Tabla 1- 17. Clasificación de la precipitación media anual.....	71
Tabla 1- 18. Resumen de índices GOD utilizados	73
Tabla 1- 19. Valores de profundidad del agua del acuífero superior utilizado	74
Tabla 1- 20. Definición práctica de las clases de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos	75
Tabla 1- 21. Sumatoria de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor hidrogeológico.....	76
Tabla 1- 22. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor hidrogeológico.....	77
Tabla 1- 23. Certidumbres técnicas del factor hidrogeológico.....	77
Tabla 1- 24. Variables descritas en otras secciones	87
Tabla 1- 25. Clasificación de la condición de precipitación de los tres meses más lluviosos para el cálculo del factor deslizamientos.....	89
Tabla 1- 26. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor estabilidad de laderas o deslizamientos.....	90
Tabla 1- 27. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor estabilidad de laderas	91
Tabla 1- 28. Certidumbres técnicas del factor estabilidad de laderas	91
Tabla 1- 29. Registro de los sismos localizados dentro del cantón de Goicoechea	99
Tabla 1- 30. Susceptibilidad a la licuefacción de las unidades geomorfológicas.	106
Tabla 1- 31. Valor y rango de afectación del subfactor potencial de fractura en superficie por falla geológica activa.....	107
Tabla 1- 32. Valor y rango de afectación del subfactor de amenaza volcánica.....	109

Tabla 1- 33. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo factor amenazas naturales.....	110
Tabla 1- 34. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor amenazas naturales.....	111
Tabla 1- 35. Certidumbres técnicas del factor amenazas naturales.....	111
Tabla 1- 36. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA geoaptitud integrado.....	121
Tabla 1- 37. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA geoaptitud	122
Tabla 2.1. Distribución porcentual de áreas según el uso de suelo en el cantón.....	127
Tabla 2-2. 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	128
Tabla 2-3. Resultados químicos y físicos (textura) de muestras de suelo provenientes del cantón de Goicoechea, Costa Rica. KCl-Olsen modificado como solución extractora. Metodología Bouyucos para textura. Muestreo: 24 y 27 de julio 2020.....	132
Tabla 3-1. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA bioaptitud	157
Tabla 3-2. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA bioaptitud.....	157
Tabla 4-1. Categorización de la variable uso del suelo del IFA antropaptitud.....	183
Tabla 4-2. Distribución de uso del suelo en Goicoechea en el año 2020.....	191
Tabla 4-3. Secuencia cronológica de referencia	196
Tabla 4-4. Inventario de sitios arqueológicos	200
Tabla 4-5. Área estimada (m ²) para sitios arqueológicos	201
Tabla 4-6. Inventario de inmuebles histórico-arquitectónicos.....	217
Tabla 4- 7. Nombre, decreto, propietario y estilo constructivo del inmueble	218
Fuente: http://www.patrimonio.go.cr/busqueda/ResultadoBusquedaInmuebles.aspx , consulta: marzo, 2020.....	218
Tabla 4-8. Limitaciones y potencialidades técnicas del IFA antropaptitud- uso del suelo Antrópico.....	230
Tabla 4-9. Tipologías del paisaje identificadas en el cantón	241
Tabla 4-10. Métodos de valoración de la calidad visual.....	243
Fuente: Aguiló y Blanco (1981).....	243
Tabla 4-11. Resultados de la ponderación de tipologías de paisaje	245
Tabla 4-12. Limitaciones y potencialidades técnicas del IFA antropaptitud- paisajismo	246
Tabla 4-13 Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA antropaptitud	248
Tabla 4-14. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA antropaptitud	248
Tabla 5-1. Categorías de IFA integrado	251
Tabla 5-2. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA antropaptitud	252

Índice de Figuras

Figura 1- 1. Marco tectónico de Costa Rica, tomado de Rodríguez et al, 2019.	10
Figura 1- 2. Afloramiento de la Formación Reventado, coordenadas Crtm05 longitud 507937 / y latitud 1100403.	14
Figura 1- 3. Afloramiento de un depósito de piroclastos asociado a la Fm. Reventado.	14
Figura 1- 4. Afloramiento de la Formación Sapper 503887 longitud / 1102287 latitud.	15
Figura 1-5. Afloramiento de capa de Ceniza de la Formación Lahares y Cenizas, coordenadas longitud 494091 y 1099414 de latitud.	16
Figura 1-6. Afloramiento de capa de lahares de la Formación Lahares y Cenizas, coordenadas longitud 494920 y 1100009 de latitud.	17
Figura 1-7. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor geodinámica externa.	47
Figura 1-8. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor hidrogeológico.	61
Figura 1-9. Ubicación de perfiles hidrogeológicos.	63
Figura 1-10. Perfil A-A'.	64
Figura 1-11. Perfil B-B'.	65
Figura 1-12. Comparación de la recarga potencial calculada por López-Oviedo (2015) y Ramírez (2014).	70
Figura 1-13. Resumen de los índices de la metodología GOD. Modificado de (Foster et al., 2002).	72
Figura 1-14. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor estabilidad de ladera o deslizamientos.	88
Figura 1-15. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor amenazas naturales.	95
Figura 1-16. Amenaza en términos de PGA para PR=500 años.	98
Figura 1-17. Mapa de densidades sísmicas para del cantón de Goicoechea. Los registros se basan en las bases de datos de la RSN y Ovsicori.	101
Figura 1-18. Mapa de textura de suelo del cantón de Goicoechea.	104
Figura 2-1 Punto de muestreo de suelo, punto Este, Goicoechea, zona de lecherías.	130
Figura 2-2. Muestreo de suelo, punto 2. Este, Goicoechea, zona de lecherías.	130
Figura 2-3. Muestreo de suelo, punto 3. Este, Goicoechea, cerca quebrada Jaboncillal, zona de lecherías.	130
Figura 2-4. Muestreo de suelo, punto 4. Entre calle la Isla y Quebrada Jaboncillal. Goicoechea.	130
Figura 2-5. Muestreo de suelo, punto 5. Este de El Carmen, zona urbana, Goicoechea.	130
Figura 2-6. Muestreo de suelo, punto 6. Purrál, Goicoechea, zona urbana.	130
Figura 2-7. Muestreo de suelo, punto 7a. Oeste de Calle Blancos, Goicoechea. Zona residencial e industrial.	131
Figura 2-8. Muestreo de suelo, punto 7b. Lote baldío al Norte de Calle Blancos, Goicoechea, zona residencial.	131

Figura 2-9. Muestreo de suelo, punto 7c. Este de Calle Blancos, Goicoechea, zona residencial.....	131
Figura 3-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA bioaptitud.	142
Figura 3-2. Diferenciación de posible calidad de aguas en partes altas y urbanas dentro del cantón de Goicoechea.....	144
Figura 3-3. Parte del río Torres y de los distritos Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Ipís y Purral con casi la totalidad de su área urbanizada con escasa cobertura arbórea en zonas riparias (Google Earth 2020).	146
Figura 3-4. Árboles en potreros y zonas de recarga acuífera de los contribuyentes de los ríos con cobertura arbórea y altas pendientes.	149
Figura 3-5. Zona más alta del cantón, con pastizales, árboles dispersos y cobertura arbórea aledaña a cauces de contribuyentes de los ríos del cantón evidenciando conectividad con la Cordillera Volcánica Central,	150
Figura 3-6. Conectividad con la Cordillera Volcánica Central.	156
Figura 4-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA antropoaptitud.	182
Figura 4-2. Configuración en cuadras en el cantón de Goicoechea.....	187
Figura 4-3. Ejemplo de macro cuadras en el cantón de Goicoechea.....	187
Figura 4-4. Sitio Curú	203
Figura 4-5. Sitio Diarmo	204
Figura 4-6. Sitio La Mora.....	205
Figura 4-7. Sitio La Pradera	206
Figura 4-8. Sitio Motorola	207
Figura 4-9. Sitio Oasis.....	208
Figura 4-10. Sitio Paja de Agua	209
Figura 4-11. Sitio Purral	210
Figura 4-12. Sitio Quebrada Tanques	211
Figura 4-13. Sitio Quebrada Cangrejos.....	212
Figura 4-14. Sitio Quirós	213
Figura 4-15. Inmueble Dr. Ferraz y antigua capilla Hospicio Dr. Carlos María Ulloa ..	219
Figura 4-16. Antiguo Centro de Adaptación Social y antiguo edificio Escuela de Enseñanza Especial Centeno Güell.....	220
Figura 4-17. Casa de la Cultura del Este y casa José Joaquín Jiménez Núñez	221
Figura 4-18. Casa Ricardo Jiménez Núñez y escuela Pilar Jiménez	222
Figura 4-19. Templo Bautista y casona de viguetas	223
Figura 4-20. Templo católico Nuestra Señora de El Carmen y templo católico San Francisco	224
Figura 4-21. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA antropoaptitud uso del suelo.....	229
Figura 5-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA integrado.....	251

Índice de Mapas

Mapa 1.1-1 Geología del cantón de Goicoechea	37
Mapa 1.1-2 Geomorfología del cantón de Goicoechea	38
Mapa 1.1-3 Dureza.....	39
Mapa 1.1-4 Grado de cohesión	40
Mapa 1.1-5 Factor de lineación	41
Mapa 1.1-6 Grado de meteorización	42
Mapa 1.1-7 Espesor de la capa de suelo	43
Mapa 1.1-8 Contenido de arcilla	44
Mapa 1.1-9 Permeabilidad	45
Mapa 1.1-10 Factor litopetrofísico integrado	46
Mapa 1.2-1 Pendientes en el cantón de Goicoechea.....	54
Mapa 1.2-2 Relieve relativo en el cantón de Goicoechea	55
Mapa 1.2-3 Densidad de drenaje	56
Mapa 1.2-4 Erosión	57
Mapa 1.2-5 Sedimentación	58
Mapa 1.2-6 Factor geodinámica externa integrado.....	59
Mapa 1.3-1 Hidrogeología del cantón de Goicoechea	79
Mapa 1.3-2 Pozos y nacientes	80
Mapa 1.3-3 Índice del perfil hidrogeológico.....	81
Mapa 1.3-4 Potencial de infiltración	82
Mapa 1.3-5 Precipitación.....	83
Mapa 1.3-6 Índice GOD	84
Mapa 1.3-7 Factor hidrogeológico integrado.....	85
Mapa 1.4-1 IFA tres meses más lluviosos.....	92
Mapa 1.4-2 Dirección de talud	93
Mapa 1.4-3 Factor estabilidad de laderas o deslizamientos integrado.....	94
Mapa 1.5-1 Sismicidad regional	112
Mapa 1.5-2 Sismicidad local	113
Mapa 1.5-3 Fallas activas	114
Mapa 1.5-4 Amenaza volcánica	115
Mapa 1.5-5 Inundaciones.....	116
Mapa 1.5-6 Potencial de licuefacción.....	117
Mapa 1.5-7 Tsumani	118
Mapa 1.5-8 Factor amenazas naturales integrado.....	119
Mapa 1.5-9 Amenazas Naturales CNE	120
Mapa 1.6-1 IFA Geoaptitud Integrado	123
Mapa 2.1 Tipo de Suelo	139
Mapa 2.2 Capacidad de Uso del Suelo.....	140
Mapa 2.3 IFA Edafoaptitud.....	141
Mapa 3.1 Zonas de Pagos por Servicios Ambientales.....	174
Mapa 3.2 Biotopos Sensibles.....	175

Mapa 3.3 Cuerpos de Agua	176
Mapa 3.4 Zonas de Vida	177
Mapa 3.5 Tipo de Cobertura Biótica.....	178
Mapa 3.6 Categorías de Manejo	179
Mapa 3.7 Corredores Biológicos	180
Mapa 3.8 Bioaptitud Integrada	181
Mapa 4.1-1 Zonificación actual	231
Mapa 4.1-2 Infraestructura vial.....	232
Mapa 4.1-3 Áreas de administración especial.....	233
Mapa 4.1-4 Uso del suelo Antrópico	234
Mapa 4.1-5 Patrimonio arqueológico y arquitectónico	235
Mapa 4.1-6 Áreas de desarrollo futuro	236
Mapa 4.1-7 Uso del suelo antrópico.....	237
Mapa 4.2-1 Paisajismo integrado.....	247
Mapa 4.3-1 IFA Antropoaptitud Integrado	250
Mapa 5.1 IFA integrado.....	253

Introducción

El deber de valorar el aspecto ambiental en el proceso de elaboración de un plan regulador es fundamental para garantizar el desarrollo de los cantones en armonía con el ambiente. Ante esta premisa, y como consecuencia de un mandato de la Sala Constitucional, la integración de la variable ambiental en los planes reguladores se materializó mediante el Decreto N°32967, Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA)-Parte III; en el que se establece el concepto, metodología y aplicación de los Índices de Fragilidad Ambiental.

El Decreto N°32967 establece además el procedimiento técnico a seguir para que una propuesta de planificación territorial adquiera la viabilidad ambiental y, una vez obtenida la aprobación por parte de SETENA (ente con competencia legal para emitirla), pueda continuar con los trámites correspondientes ante el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) y el Concejo Municipal respectivo, para que pueda entrar en vigencia.

Con el fin de cumplir con la normativa indicada, el estudio para obtener la viabilidad ambiental se compone de los siguientes tres elementos:

- Índices de Fragilidad Ambiental (IFA): diagnóstico de la condición ambiental de la zona regulada a partir del cual se genera un mapa de fragilidad ambiental.
- Análisis de Alcances Ambientales (AAA): contraste del diagnóstico ambiental con la propuesta de plan regulador.
- Reglamento de Desarrollo Sostenible (RDS): medidas presentes en los reglamentos del plan regulador para evitar o minimizar los efectos negativos que puedan tener los desarrollos en zonas ambientalmente frágiles, los cuales están altamente restringidos.

Estos documentos se confeccionan en diferentes etapas del procedimiento de elaboración del plan regulador, siendo que los IFA se elaboran en paralelo a los primeros elementos del Plan Regulador, o sea, diagnóstico y propuestas. Posteriormente, los resultados del IFA se integran en los distintos reglamentos del plan regulador, principalmente en los considerandos, en donde se hace mención expresa a los criterios ambientales utilizados, los cuales se ven reflejados en el articulado.

El Análisis de Alcances Ambientales y el Reglamento de Desarrollo Sostenible se elaboran una vez que la Municipalidad ha aceptado preliminarmente la propuesta de zonificación del plan regulador, la cual ya integró los criterios ambientales del IFA. Debido a esta integración es que no se elabora un Reglamento de Desarrollo Sostenible con normativa adicional en materia ambiental, sino que en un solo documento se sintetizan los criterios ambientales que fueron incorporados en los diferentes reglamentos del plan.

Para este estudio de incorporación de la variable ambiental en el Plan Regulador del cantón de Goicoechea, se hace uso de algunas de las herramientas contempladas en el Decreto Ejecutivo N°39150 “Reglamento de la transición para la revisión y aprobación de planes reguladores”; específicamente:

- Herramienta de agilización para información hidrogeológica: debido a que Goicoechea no se encuentra entre los cantones que requieren de la aprobación de la variable hidrogeológica por parte del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), se presenta el estudio hidrogeológico sin la aprobación de esta entidad.
- Herramienta de flexibilidad metodológica: se utiliza una metodología sustitutiva en la cual se modifican o sustituyen algunos factores y variables del Decreto N°32967. En cada apartado en el que se haga uso de esta herramienta se indicará expresamente.
- Herramienta sobre listado de profesionales responsables: lo anterior en consideración de que ninguno de los profesionales tiene el curso mencionado en el artículo 5.14.1.1.b del Decreto N°32967.

Con esta introducción general al estudio de incorporación de la variable ambiental en el Plan Regulador del cantón de Goicoechea, se procede a realizar ciertas aclaraciones preliminares propiamente del IFA y el contexto jurídico de este estudio.

La metodología IFA permite conocer a grandes rasgos las condiciones ambientales de una zona, integrando los factores de: geoaptitud, que incluye rasgos geológicos, geotécnicos, de estabilidad de taludes, hidrogeológicos, geodinámicos externos y de susceptibilidad a amenazas naturales; bioaptitud, que incorpora información de la biología de la zona como cobertura, áreas protegidas, potenciales corredores biológicos, biotopos y zonas de vida; edafoaptitud, que se refiere al uso de suelo y capacidad de uso agrícola; y antropoaptitud, que contempla aspectos de uso del suelo, sitios de interés cultural, áreas de desarrollo futuro y paisaje.

Todos estos factores se clasifican en una escala de 1 a 5, donde 1 es un valor de IFA muy alto y 5 es un valor muy bajo. El valor de IFA muy alto implica una mayor cantidad de limitantes técnicas. Las limitantes técnicas serán esos aspectos que afecten la fragilidad de un lugar, por ejemplo, los deslizamientos, amenazas naturales, áreas protegidas, aptitud para uso agrícola, patrimonio, calidad paisajística, entre otros.

Para cada factor se suman los indicadores y parámetros como corresponde según la metodología que se detalla más adelante, en donde el resultado se promedia de acuerdo con el número de subfactores o variables que se utilicen.

Sobre la metodología y el proceso de cálculo

Conceptualmente, el IFA corresponde a un método de cálculo sumativo, donde diversas variables son evaluadas como capas de información geográfica y clasificadas según los rangos señalados en el Decreto N°32967 (5 categorías con valoración entre 1 y 5, de muy alto a muy bajo respectivamente). El cálculo o creación de cada capa de información que conforma la variable se desprende del contenido del Decreto.

Así, la metodología IFA como tal refiere a la concepción de la fragilidad y la aptitud, y a su determinación a través de cuatro ejes fundamentales que reúnen variables consideradas pertinentes para la realidad nacional, el desarrollo sostenible y la protección ambiental. De manera general, se puede observar que entre más pequeña sea la valoración (numérica) menor es la aptitud para usos humanos y, por lo tanto, mayor es la fragilidad ambiental potencial.

Las variables son posteriormente asociadas a través de sumas y reclasificaciones alrededor de ejes o factores. Así, el IFA integrado, se calcula mediante la suma y reclasificación de cuatro ejes, llamados aptitudes, que son: geoaptitud, bioaptitud, edafoaptitud y antropoaptitud. Particularmente, el IFA geoaptitud se subdivide en cinco factores, a saber: litopetrofísico, geodinámico externo, hidrogeología, amenazas naturales y deslizamiento o estabilidad de laderas.

Considerando las tecnologías actuales, la información espacial para el cálculo de las variables y su posterior agrupación se realiza utilizando sistema un sistema de información geográfica (SIG), el cual permite representar información específica sujeta a una posición geográfica. Esta herramienta es imprescindible en la planificación territorial, en cuanto a las posibilidades de estudiar las interacciones producto de su posición espacial relativa. Al almacenar las capas de información de manera digital es necesario definir un formato de archivo para su almacenamiento y posterior cálculo, lo cual se hizo con base en las ventajas y desventajas que presentan los diferentes formatos de archivos que se pueden usar en los SIG.

Una vez realizado el cálculo de cada variable, el valor de cada factor o eje es calculado a través de la suma de las variables que lo componen y, posteriormente, se realiza una reclasificación con base en las cinco categorías numéricas (1-muy alto a 5-muy bajo). La cantidad de variables por factor varía de uno a otro.

Cada vez que un conjunto de variables es agrupado bajo un factor o eje, la metodología señala que se debe realizar una sumatoria y reclasificar el resultado con base en las cinco categorías numéricas (1- muy alto a 5- muy bajo), de tal manera que, bajo una agrupación, cada variable que lo compone posee el mismo peso relativo. Este proceso de suma y reclasificación debe hacerse tanto al agrupar variables para calcular un factor o eje, e inclusive, al calcular el eje de geoaptitud que es el que se encuentra separado por factores, y de igual manera al agrupar los cuatro ejes para formar el IFA integrado. Así, si en una agrupación se reúnen cinco variables, el valor máximo que podría obtenerse es 25 en caso de que todas las variables coincidan con un valor de 5 y un valor mínimo

de 5 si todas las variables tienen un valor de 1. Este rango debe dividirse en cinco rangos aproximadamente equitativos. La reclasificación de cada IFA integrado se muestra en los apartados correspondientes.

De manera complementaria, en varios de los ejes que componen el IFA se solicita incluir mapas de referencia o información contextual que no son convertidos a variables de cálculo, por lo que estos mapas e información, pese a que se incorporan, no son considerados en las sumatorias realizadas. Ante lo anterior, resulta conveniente indicar los tipos de capas contenidos en el informe:

- De referencia: son aquellas que sirven para entender el entorno, como ríos, vías o poblados.
- Variables contextuales IFA: son aquellas capas exigidas por el Decreto pero que no se valoran para efectos del cálculo del IFA.
- Variables IFA: son aquellas capas exigidas por el Decreto que contienen la información que se requiere para el cálculo del IFA.
- Otras variables: son las variables que el profesional responsable agrega, en aplicación de lo establecido en el apartado 2.2.3 del Decreto.

De acuerdo con el Decreto, el IFA integrado proporciona de manera preliminar zonas y la fragilidad intrínseca que tendría cada una de esas zonas. Entonces, una zona con un IFA integrado de categoría muy alto tendría un valor de 1 y, por tanto, será un área ambientalmente muy frágil, mientras que una zona con un IFA integrado categorizado como muy bajo, tendrá un valor de 5 y, por tanto, sería ambientalmente menos frágil. Siguiendo esta lógica, los sitios más frágiles serán aquellos que presenten condiciones como susceptibilidad a deslizamientos o inundaciones, áreas protegidas y también áreas frágiles desde el punto de vista antrópico, como zonas de alto valor paisajístico y patrimonial.

El IFA integrado puede ser interpretado como una zonificación ambiental preliminar en la medida en que representa los focos de concentración de elementos y situaciones críticas; así, la norma responde a la necesidad de garantizar la integración de la variable ambiental en el ordenamiento territorial, al dotar el proceso de formulación del plan regulador de un boceto de la situación ambiental del cantón. Sin embargo, este resultado no debe sustituir la integración y el análisis de las variables limitantes, ni la integración de otra información que permita analizar con mayor detalle las condiciones ambientales y socioeconómicas del cantón.

La implementación de la metodología IFA fue paralela a la elaboración de los documentos de diagnóstico y propuestas del plan regulador, así, los tres documentos que componen la variable ambiental fueron alimentados con las mismas bases de datos y complementados con el mayor detalle posible para profundizar su estudio.

Sobre los documentos que componen el estudio de incorporación de la variable ambiental

En este documento se incluyen una serie de mapas, referentes a las diferentes capas determinantes, así como información base o referencias sobre el cálculo del IFA, según lo estipulado en el Decreto. Adicionalmente, se incluyen algunos mapas que a juicio del equipo técnico son útiles para ampliar la comprensión de la realidad ambiental de la zona de estudio.

Los mapas se adecuan a los requisitos propios de este análisis, sin embargo, en ocasiones, por alguna condición especial, se realizan algunos ajustes de presentación. En la medida de lo posible todos los mapas están en la misma escala y ubicados en el mismo espacio geográfico (escala-extensión visible), configurados para papel tamaño carta.

Para todos los casos se recurrió a la información geográfica oficial fidedigna y más precisa disponible; priorizando, según la temática, la escala, la actualidad, la precisión y la exactitud de la información. En cada sección, se procura detallar la escala y fuente de la información usada. Es pertinente recordar que algunas de las capas de información que se solicitan, tanto de cálculo como referencia, son altamente dinámicas, lo cual aumenta la posibilidad de que se presenten cambios al momento de revisar este informe respecto del momento en que fueron recabadas las bases de datos para crear las capas de información.

Si bien las capas de información base poseen escalas específicas en la mayor parte de los casos, en el proceso de clasificar esas bases y convertirlas a variables espaciales, así como al agrupar variables que estén en diferentes escalas, es complejo determinar la escala a la que estaría el resultado final, tanto de la clasificación como de la agrupación.

Por otra parte, todos los mapas poseen información base de referencia que facilita la lectura, a saber: vialidad de la red nacional, puntos de referencia, ríos y la vía férrea. No se colocan todas las vías cantonales ni poblados, para no recargar los mapas de información que dificulte su lectura. También se indican las coordenadas en el borde de los mapas, tanto la proyección Costa Rica Transversal Mercator 2005 (CRTM 05) como las coordenadas geográficas (WGS 84). La escala de trabajo de todas las capas es 1:10 000 aunque los mapas se presenten en escalas diferentes en este documento por facilidad de presentación.

El documento a continuación se divide en subtítulos diferenciados por una numeración. Las tablas y figuras indican con el primer número el título al que pertenecen, reinician numeración al cambiar de título, mientras el segundo número es el consecutivo de la tabla o la figura dentro del título.





Es importante señalar que este es un documento técnico, por lo cual, tanto los mapas como las tablas que contienen los resultados, poseen una justificación técnica y las explicaciones necesarias para su interpretación dentro del cuerpo del documento. También, se debe tomar en cuenta que el informe de Índices de Fragilidad Ambiental es complementado por el informe de Análisis de Alcances Ambientales y el Diagnóstico.

El procedimiento de cálculo de los índices y sus factores se resumen en diagramas de flujo. El diagrama se establece en etapas que se leen de arriba hacia abajo; cada etapa refiere a uno de los siguientes subprocesos en la preparación y cálculo de los IFA y sus factores:

- Información contextual
- Base de cálculo
- Asignación de valor en escala IFA
- Resultado

Cada una de estas etapas se muestra como una fila en los diagramas de flujo. Algunos IFA o factores pueden carecer de alguno de los subprocesos mencionados. Esta situación se ve reflejada en el diagrama respectivo, al faltar alguna de las etapas en la representación gráfica. De cada etapa se despliegan las variables, procesos, datos o consideraciones a seguir para llegar hasta el cálculo del resultado final del IFA o del factor.

La lectura y seguimiento de los diagramas debe realizarse de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo, donde el color de la casilla facilita la lectura del gráfico. Además, la forma geométrica de la casilla es un indicativo del tipo de información escrita en ella.

- Fuentes de consulta, origen de datos o consideraciones: 
- Proceso o cálculo por hacer: 
- Título de variable o proceso: 
- Resultado final: 

El Decreto solicita que para cada uno de los valores IFA resultantes obtenidos se incluya un listado de las incertidumbres técnicas y un listado de las limitaciones y potencialidades, sin embargo, como se mencionó anteriormente, algunos ejes IFA incluyen variables tan diversas, disímiles e inclusive en ocasiones antagónicas, que realizar un listado de incertidumbres, limitaciones y potencialidades se vuelve una tarea confusa. Es por todo esto y con el fin de mejorar la atención al comportamiento de las variables y las limitaciones propias de cada una, que se realiza el ejercicio de separar las incertidumbres, limitaciones y potencialidades tanto como sea necesario para procurar que las mismas sean consistentes.

Con respecto a lo anterior, se toman como incertidumbres técnicas aquellas condiciones propias de cada componente, factor o variable que reducen su precisión o restringen su campo de acción; por otro lado, las limitaciones y potencialidades se plantean desde la perspectiva del potencial de uso urbano.

Sobre el estudio hidrogeológico

De conformidad con el Acuerdo N°4967 de la Junta Directiva de SENARA, se autoriza que los gobiernos locales inicien el procedimiento para obtener la viabilidad ambiental sin necesidad de contar con un estudio hidrogeológico aprobado por esa entidad. Por este motivo, no se presenta ningún estudio aprobado por dicha institución.

En cambio, en el presente documento se incluye una síntesis del estudio hidrogeológico realizado de conformidad con los lineamientos contenidos en el Decreto N°32967, por lo que la variable ha sido incorporada para el análisis ambiental del plan regulador. Es necesario destacar que dicho estudio generó información bastante detallada y precisa, que representa de forma muy acertada la realidad del cantón desde el punto de vista hidrogeológico.

Sobre el mapa de uso actual de la tierra

El Decreto N°32967 carece de parámetros claros sobre el contenido de los mapas de uso actual de la tierra, por lo que es necesario comentar algunos aspectos sobre las características de estos mapas para que sean tomados en cuenta durante la revisión de este estudio.

Uno de los aspectos principales a destacar es que la actualidad de los mapas no está sujeta a un plazo de tiempo, sino a que su contenido represente de forma adecuada la situación del área a regular. Existen zonas que, por su dinámica, en pocos meses pueden sufrir grandes transformaciones; en este supuesto, el estudio perdería actualidad en un periodo relativamente corto de tiempo; en contraste, hay zonas que después de varios años no sufren mayores cambios, por lo que el paso del tiempo no afectaría la actualidad del estudio.

1. IFA Geoaptitud

El presente estudio tiene como fin cumplir con los requerimientos establecidos en el Decreto N°32967 para la evaluación del factor litopetrofísico de la metodología IFA geoaptitud correspondiente con el cantón de Goicoechea.

A continuación, se presentan los informes transcritos elaborados por el geólogo José Daniel López. La transcripción de los informes obedece a una necesidad de adaptarlo al formato del resto del documento.

1.1. Factor litopetrofísico

1.1.1. Geología del del cantón de Goicoechea

Geólogo José Daniel López

Introducción

Para el apartado de la geología del cantón de Goicoechea se realizó una investigación bibliográfica de la información geológica y estructural del área de estudio.

Se efectuó la integración de los datos recopilados de fuentes bibliográficas, así como el estudio e interpretación de unidades litológicas por medio de visitas de campo.

El levantamiento de campo comprendió el reconocimiento e interpretación genética de rocas (muestreo, reconocimiento macroscópico, elaboración de perfiles), relaciones espaciales de las rocas, estratos, el reconocimiento e interpretación estructural (fallamiento y diaclasamiento) y formas geomorfológicas.

Para el apartado de formas estructurales se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, con el fin de identificar estructuras tectónicas que fueron digitalizadas en un sistema de información geográfica, a manera de base para el trabajo posterior.

Posteriormente, se realizó el análisis de los datos recopilados, correlación estratigráfica e interpretación, para generar así un mapa de toda el área con sus correspondientes descripciones, las cuales se detallan a continuación.

Contexto geológico y tectónico del cantón de Goicoechea

Las investigaciones que sobresalen en la zona de estudio hacen referencia a las formaciones geológicas aflorantes en la misma, las cuales corresponden a rocas de origen volcánico.

El Valle Central Occidental, según Malavassi & Madrigal (1967), ha sido construido por el acúmulo de materiales que provienen de las áreas vecinas, constituidos por piroclastos y lavas de los

volcanes; deslizamientos de cerros circunvecinos, lahares y materiales acarreados por los ríos. Estos materiales yacen discordantemente sobre rocas sedimentarias del Terciario (las cuales no se encuentran aflorando en el área de estudio).

Fernández (1969) propone los nombres para las unidades volcánicas que se distinguen en la zona, refiriéndose a estas como: Formación Colima y Formación Tiribí; asignándole una edad Plio-Pleistoceno a ambas formaciones. Esta nomenclatura y edades también son utilizadas por Paniagua (1975), Ehandi (1981) y Denyer & Arias (1991). Previamente; Malavassi (1965), Dóndoli (1954) y Williams (1952) clasificaban estas rocas volcánicas en el Valle Central como Lavas Intracañón y Depósitos de Ignimbritas respectivamente.

Posteriormente Denyer & Arias, 1991 indican que la secuencia es sobreyacida por las formaciones Lahares y cenizas y los Depósitos aluviales y coluviales, los cuales tienden a aflorar en la mayoría del área de estudio.

Finalmente, Krushensky, 1972 y Alvarado et al., 2006, añaden las Formaciones Reventado y Sapper pertenecientes al Grupo Irazú. Los autores las ubican en la ladera oeste del macizo del volcán Irazú.

Con respecto a la tectónica regional del área de estudio, ésta se caracteriza por estar en la gran área metropolitana, la cual se caracteriza por ser una zona es atravesada por el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), el cual ha sido interpretado como el límite entre la placa Caribe y la microplaca de Panamá (e.g. Marshall et al., 2000; Montero, 2001). El CDCCR incluye en una zona de ~100 km de ancho. Fallas y pliegues neotectónicos de diversa geometría que transfieren desplazamientos entre los bloques tectónicos de la zona (Montero, 1994, 2001; Marshall et al., 2000). El origen del CDCCR puede estar asociado con la colisión del levantamiento del Coco con el sureste de Costa Rica y la subducción de corteza oceánica engrosada, los cuales provocan el desplazamiento de la microplaca de Panamá con respecto de la placa Caribe (Marshall et al., 2000; Montero, 2001). Desde 1900, el CDCCR ha sido la fuente de 20 sismos destructivos incluyendo el que devastó la ciudad de Cartago en 1910 (6,1 Ms) que, con un saldo de 300 víctimas, constituye el peor desastre de la historia de Costa Rica (Montero y Miyamura, 1981; Montero, 2010; Peraldo y Montero, 2010; Alonso-Henar et al., 2013).

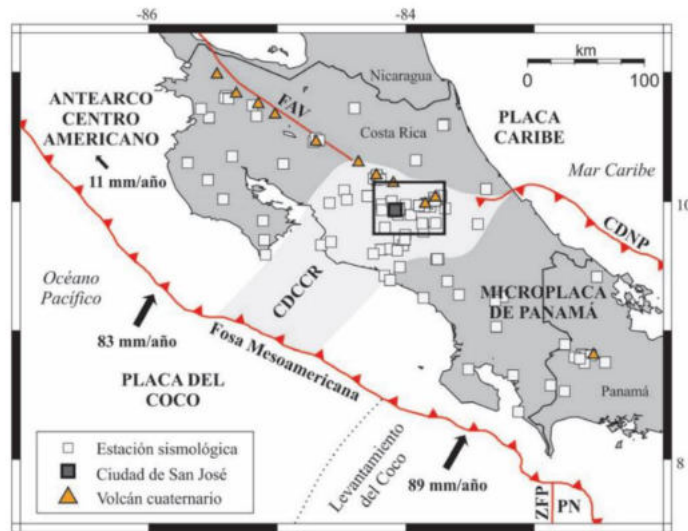


Figura 1-1. Marco tectónico de Costa Rica, tomado de Rodríguez et al, 2019.

Geología local

A continuación, se presentan las características generales de la geología dominante en el cantón de Goicoechea y alrededores, las unidades se describirán en orden estratigráfico de la más antigua a la más reciente, su distribución se puede apreciar en el mapa geológico del cantón.

Como se ha mencionado la geología de la zona se compone por un basamento volcánico constituido por las formaciones Colima y Tiribí las cuales sobreyacen una serie de rocas sedimentarias del Terciario; sin embargo debido a que éstas unidades no aflora en el cantón y no se han sido descritas por los registros de pozos circundantes, para los alcances de esta investigación éstas formaciones sedimentarias se han excluido, enfatizando en el basamento volcánico, y en Formaciones sobreyacentes como Lahares y Cenizas, Sapper y .Reventado respectivamente.

Formación Colima

Esta unidad no se encuentra aflorando en el área de estudio sin embargo Ramos (2014) indica que los registros de perforaciones dentro del cantón corresponden con coladas asociadas a dicha formación y denominada por Ramos (2014) como la unidad de Brechas Lávicas y la Unidad de Lavas Fracturadas ambas pertenecientes al Acuífero San José, definido por el mismo autor.

Williams (1952) las denominó Lavas Intracañón, Fernández (1969) las redefine bajo el nombre de formación Colima. Así se han denominado a las lavas emitidas por los volcanes Barva y Poás las cuales es posible que hayan sido extruidas desde fisuras, las cuales según Kussmaul (1988)

presentan una dirección preferencial NE-SW hasta E-W, paralelas al frente de cordillera (Arredondo & Soto, 2006).

Fernández (1969) indica que cronológicamente son las primeras lavas provenientes de la Cordillera Central, las cuales se extendieron por los fondos topográficos existentes, con una dirección de flujo suroeste. Por otra parte, Echandi (1981) indica que representan el inicio de una nueva fase de vulcanismo de la Cordillera Central, y su extensión es en forma de mantos en todo el Valle Central. En su mayoría se encuentran aflorando en los cauces profundos de los ríos Tibás, Virilla y Torres (Williams, 1952).

Composicionalmente son lavas andesíticas piroxénicas, donde en algunas secciones existe transiciones composicionales a basalto (Fernández, 1969). Presentan lentes y capas de ceniza, aunque su principal interrupción es un manto de ignimbritas (Puente de Mulas) de espesor considerable (Echandi, 1981).

De acuerdo a sus características hidrogeológicas la formación Colima ha sido subdivida en tres miembros por Echandi, (1981).

- Miembro Belén o Colima Inferior
- Miembro Puente de Mulas
- Miembro Linda Vista o Colima Superior

El miembro Belén o Colima Inferior es una secuencia de lavas andesitas piroxénicas transicionales a basalto, separadas por capas, lentes de tobas y cenizas, en algunos sitios arcillificadas. Sus afloramientos son limitados, aunque su distribución es comprobada en todo el Valle Central por medio de perforaciones.

Por otra parte, el miembro Puente de Mulas corresponde con una secuencia de ignimbritas limitada en su parte superior e inferior por lavas de los Miembros Belén y Linda Vista, Alvarado & Gans (2012) de acuerdo con dataciones realizadas deciden separar este miembro de la Formación Colima debido que tiene un origen vulcanológico distinto.

La distribución de la unidad fue controlada por los cauces preexistentes, hacia sus partes laterales los materiales depositados son de carácter tobáceo, muy cargados de fragmentos líticos de tamaños variados, lapilli y cenizas negras vidriosas (Echandi, 1981). El origen de esta secuencia es desconocido (Arredondo & Soto, 2006).

El miembro Linda Vista o Colima superior es una secuencia de lavas que se depositó tanto sobre la unidad Colima Inferior como sobre Puente de Mulas. Son coladas brechosas en superficie y se tornan densas hacia la base. Composicionalmente son lavas andesítico basálticas porfiríticas, con augita y olivino. Su extensión es amplia hacia el este del Valle Central, según Echandi (1981) se estima un espesor de la secuencia en 270 metros. Con espesor visible entre 5 y 40 metros (Fernández, 1969).

La litología que sobreyace esta formación se encuentra asociado por lo general un banco de ignimbritas (Formación Tiribí), aunque en algunas zonas limita directamente con la formación Lahares y Cenizas (Ramos, 2014).

Dataciones realizadas en la base de Colima por Alvarado & Gans (2012) indican una edad entre 750 000 años a 590 000 años para dicha formación.

Formación Tiribí (Avalancha Ardiente)

De la misma forma que con la Formación Colima, esta unidad no se encuentra aflorando en el área de estudio sin embargo, Ramos (2014) indica que algunos registros de perforaciones dentro del cantón corresponden con depósitos asociados dicha formación y denominada por Ramos (2014) como parte de la Unidad de Piroclastos perteneciente al Acuífero San José, definido por el mismo autor.

Posterior a los depósitos lávicos de la formación Colima, con tiempo suficiente para generar el desarrollo de suelos, el Valle Central experimentó una actividad bastante intensa, con el depósito de materiales piroclásticos, avalanchas ardientes y otros flujos de fragmentos (Echandi, 1981).

Fernández, (1969) reconoce que por su naturaleza presentan un carácter fragmentario, con una variación litológica extrema en poca distancia. Con base a esto las subdivide en dos miembros; miembro La Caja y miembro Nuestro Amo. Donde en el primero quedan incluidos todos aquellos depósitos de ignimbritas poco soldadas o poco compactas, de carácter masivo, matriz ceniciento-arenosa, rica en componentes porosos. El miembro Nuestro Amo diferencia las masas de avalanchas frías o tobas Caóticas. Se caracterizan por ser una toba con fragmentos (lavas, escorias negras) de tamaño variado, incluidos en una matriz tufácea, lapílica, densa y masiva.

Echandi (1981) subdivide la secuencia en 3 unidades. El miembro Nuestro Amo, constituido por depósitos de lodos ardientes; Miembro La Caja que corresponde con tobas poco soldadas y el miembro Electriona que abarca las ignimbritas soldadas.

Se extienden por todo el Valle Central, debido al carácter fragmentario presentan variaciones litológicas importantes en poca distancia (Fernández, 1969). Williams (1950) sugiere que estos depósitos se expandieron entre 160 – 200 Km², con espesores variables entre 6 a 100 metros. Pérez (2000) establece la posibilidad que el origen de esta secuencia sea en una caldera en la cima del volcán Barva y agrupa los miembros definidos por Echandi (1981) en una misma Formación.

Formación Reventado

Dicha Unidad aflora dentro del área de estudio, propiamente en los sectores cercanos al macizo volcánico del Irazú, abarcando la parte central y sur del distrito de Rancho Redondo.

Krushensky, 1972, separa esta formación en tres unidades, donde el miembro superior aflora en los cañones de los ríos Reventado, Tiribí, Birrís, Chiquito, Durazno, entre otros, y cuyos afloramientos pueden ser seguidos por cerca de 3 o 4 km. Este miembro puede tener más de 600 m de espesor y subyace a la Formación Sapper. Está compuesto por coladas de laca andesítica augítica de color gris intermedio, de grano fino, localmente vesiculares; por lahares abundantes, ligera a profundamente meteorizados y por algunas capas de ceniza, que se tornan más gruesas hacia el oeste de la ladera. Según este autor la edad es del Pleistoceno. Alvarado, et al., 2006, describe la unidad como una secuencia de muchos flujos de lava, principalmente andesitas basálticas a andesitas con hornablenda, intercaladas con depósitos epiclásticos y de tefra. Con base en dataciones radiométricas de U/Th se obtiene una edad de 110.000 años. En una muestra reciente y utilizando el método $40\text{Ar}/39\text{Ar}$, la edad resultante fue de 136.000 ± 5.000 años.

Se visitó un afloramiento de la Formación Reventado en un tajo localizado en las coordenadas crtm05 longitud 507937 / y latitud 1100403, en este lugar se aprecia una secuencia de coladas de lava, brechas y piroclastos.

Las coladas de lava presentan una alta dureza, son consistentes y presentan una lineación moderada, presentan una coloración morada lo que implica un cierto grado de meteorización, su contenido de arcilla es bajo y no presentan contenido de agua.

La colada en su estado masivo presenta un espesor estimado de 15 metros, la cual es sobreyacida y subyacida por una serie de depósitos de autobrechas y piroclastos.

Además, se presenta interdigitada entre las autobrechas una capa de tobas color grisáceo de una textura arenosa y unos 20 metros de espesor.



Figura 1-2. Afloramiento de la Formación Reventado, coordenadas Crtm05 longitud 507937 / y latitud 1100403.



Figura 1-3. Afloramiento de un depósito de piroclástos asociado a la Fm. Reventado.

Formación Sapper

Dicha Unidad aflora dentro del área de estudio, propiamente en los sectores cercanos al macizo volcánico del Irazú, abarcando la parte norte del distrito de Rancho Redondo.

Krushensky, 1972, describe a la Formación Sapper como una secuencia de más de 15 coladas de lava, lahares intercalados y capas de ceniza que sobreyacen en forma discordante a la Formación Reventado en la cabecera del Río Reventado. El nombre se asigna a partir de la loma de 1,7 km de largo ubicada al suroeste del cráter activo del Volcán Irazú; donde una gruesa secuencia de la formación está expuesta. La Formación Sapper es diferenciable de la Formación Reventado principalmente por la composición de los flujos de lava y en el contacto de disconformidad. Las lavas son densas, de color negro verdoso oscuro a negro. Superficies meteorizadas se presentan de color rojizo oscuro. Cuando están frescas, son oscuras y vidriosas semejando carbón. Los flujos de lava constituyen el flanco sur del Cerro Cabeza de Vaca. Los lahares son muy similares a los de la Formación Reventado. Contienen inclusive clastos de lava de la Formación Reventado. Los clastos pueden medir desde tamaño arena hasta bloques de 4 m. Los lahares están poco meteorizados y afloran en el cauce del río Durazno. La edad que le asigna Krushensky es del Pleistoceno al Holoceno. Alvarado et al., 2006 mencionan una edad a partir de datación radiométrica U/TH de entre 68.000 ± 26.000 años y 36.000 ± 14.000 años.

En el cantón de Goicoechea la Formación Sapper aflora en los sectores cercanos a Rancho Redondo, un ejemplo de ello es un corte en la carretera en las coordenadas 503887 longitud y 1102287 latitud, en este afloramiento la roca se caracteriza por una secuencia de depósitos de lapilli y ceniza de por lo menos 2 metros de espesor, los cuales se encuentran meteorizados y conforman una capa de suelo color café claro de textura arenosa. El material es suave y poco consistente, presenta poco contenido de arcilla y es bastante poroso, la lineación es alta debido al alto contenido de aire entre las partículas de suelo.



Figura 1-4. Afloramiento de la Formación Sapper 503887 longitud / 1102287 latitud.

Lahares y cenizas

Aflora en el área de estudio desde la parte oeste del distrito de Rancho Redondo hasta cubrir el resto del cantón de Goicoechea.

Definida por Denyer & Arias (1991), los cuales indican que los lahares son depósitos muy heterogéneos. Contienen fragmentos volcánicos subangulares principalmente de composición andesítica. El tamaño de los fragmentos puede llegar hasta 1m. La matriz es arcillosa arenosa y mal cementada. Buenos afloramientos se encuentran en el río María Aguilar, desde el cruce en la carretera Curridabat-San Pedro hasta la confluencia con el río Tiribí; en el río Jorco cerca del antiguo Balneario Los Juncales y en algunas secciones del río Damas (Madrigal, 1966). Aluviones y avalanchas volcánicas se encuentran con probabilidad interestratificadas. El espesor es de 60m. Sobre estos lahares se encuentra una capa de ceniza. Tiene un espesor variable de 15 y 20 m, según las localidades donde afloran. La edad que se les atribuye es Pleistoceno tardío – Holoceno. Sobreyace a las unidades volcánicas Cuaternarias.

Con respecto a la capa de ceniza, ésta se ha observado en un afloramiento ubicado en las coordenadas crtm05 longitud 494091 y 1099414 de latitud, en este sitio ya las capas de ceniza se han meteorizada a un suelo, el cual presenta un espesor mayor de 8 metros, se observa un color café claro con un contenido de arcilla bajo, además presenta una dureza moderada, con una consistencia considerada como firme, y una porosidad moderada. Se observan ciertas fracturas con diferente dirección las cuales determinan un factor de lineación de tipo moderado.



Figura 1-5. Afloramiento de capa de Ceniza de la Formación Lahares y Cenizas, coordenadas longitud 494091 y 1099414 de latitud.

Con respecto a la unidad de Lahares, ésta se localiza principalmente en los cauces de los ríos como el Torres o el río Chiquita. En el caso del afloramiento del río Torres, éste se localiza en las coordenadas crtm05 494920 de longitud y 1100009 de latitud, la roca se compone de una serie de bloques de lava de forma redondeada y poca angulosa de un tamaño máximo observable de 50 cm, la composición de los es generalmente de origen andesítica, pero se pueden observar bloques de origen poligenético muy meteorizados. Los clastos se encuentran envueltos en una matriz de suelo arcilloso y de coloración café claro, la relación entre clastos y matriz es de 45% / 55% respectivamente.

La roca presenta una dureza y consistencia moderada, con una meteorización alta, con un contenido de arcillas bajo y un factor de lineación considerado como moderado debido a la presencia de poros y bloques que favorecen una porosidad considerada también como moderada.



Figura 1-6. Afloramiento de capa de lahares de la Formación Lahares y Cenizas, coordenadas longitud 494920 y 1100009 de latitud.

Estructuras morfotectónicas

A continuación, se describen las estructuras morfotectónicas más importantes, las cuales se asocian al por ser una zona es atravesada por el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), el cual ha sido interpretado como el límite entre la placa Caribe y la microplaca de Panamá

A continuación, se describen las fallas neotectónicas presentes en el área de estudio.

Falla Lara

Ubicada en la zona central del país, dentro del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica; específicamente sobre el flanco oeste y noroeste del volcán Irazú. Abarca parte del distrito de Rancho Redondo con un rumbo Noroeste/sureste.

Posee una longitud de aproximadamente 30 km (Montero et al., 1998), pero dentro del cantón abarca los 3,3 km aproximadamente.

Varios autores concuerdan con un movimiento predominantemente dextral y una orientación nor-noroeste (Montero & Alvarado, 1995; Montero et al., 1998; Montero, 2003). Además, Montero et al. (1998) supone un alto ángulo de inclinación para esta falla y la interpretan con una componente normal. Montero et al. (1998) consideran una tasa de movimiento probable de entre 1-5 mm/año para la Falla Lara.

Montero & Alvarado (1995) mencionan que la traza de la falla se evidencia por valles lineales, valles de falla, escarpes y sillares de falla, además de estructuras incipientes del tipo de cuenca de tracción y estribaciones desplazadas. Montero et al. (1998) evidencian la presencia de escarpes mirando hacia el oeste, así como trincheras de fallas y supuestos desplazamientos de cauces. Además, especifican que se trata de una falla neotectónica, puesto que atraviesa depósitos cuaternarios en las laderas noroeste del volcán Irazú. A lo anterior, Montero (2001) agrega la presencia de varios escarpes juveniles facetados al oeste, específicamente en los tramos norte-sur de la falla. Finalmente, Montero (2003) hace la mención a varias estructuras volcánicas que están dentro del macizo del Irazú (volcán Las Nubes, antiguos volcanes Cabeza de Vaca, Retes y Sapper), cuyo emplazamiento se asocia con zonas de fracturas tensionales relacionadas con la cuenca de tracción de Turrialba. En el caso del volcán Las Nubes se asocia con la Falla Lara.

Montero (2003) cree que el terremoto de Patillos del 30 de diciembre de 1952 (Ms 5,7) puede estar asociado al extremo norte de la Falla Lara, la cual se encuentra dentro de la posible zona macrosísmica del terremoto. La intensidad del temblor alcanzó el grado VIII en la escala de Mercalli Modificada originando considerables deslizamientos y varias muertes.

Fernández & Pacheco (1998) señalan que la intersección de la Falla Lara con la Falla Hondura es una de las zonas donde se concentra mayor sismicidad en el macizo Irazú-Turrialba, a diferencia de las zonas comprendidas por las fallas Alto Grande, Río Sucio, Río Blanco y Blanquito, donde la actividad sísmica no es significativa.

Montero & Alvarado (1995) catalogan esta área, como de peligrosidad sísmica, con potencial para generar temblores con magnitudes de entre 5,0 y 6,6 basados en la longitud de las fallas identificadas. Basados específicamente en la longitud de la Falla Lara, y en las relaciones empíricas Wells & Coppersmith (1994), ésta falla puede llegar a generar sismos de magnitudes máximas que alcanzan los 6,3.

Falla Nubes

Se ubica en el sector más hacia el este del cantón de Goicoechea, propiamente en el distrito de Rancho Redondo, Presenta una longitud de 4 kilómetros con un rumbo principal noroeste, y con algunas fallas asociadas con rumbo hacia el suroeste.

Los estudios neotectónicos de detalle sugieren que este último sistema de fallas es de desplazamiento de rumbo dextral (Denyer et al, 2003, Montero & Alvarado, 1995). A su historia se le asocia el enjambre sísmico de 1997 (Fernández, et al., 1998).

De acuerdo con el laboratorio de ingeniería sísmica de la Universidad de Costa Rica, para una ruptura de 4 km, se podría esperar un sismo de Mw 5.2 con aceleraciones de 0.1g - 0.2g en las cercanías de la zona epicentral.

Falla Cipreses

De acuerdo con Montero & Fernández (2002) la falla Cipreses y el sistema de pliegues asociados se ubican entre Granadilla de Montes de Oca y Tres Ríos, con un rumbo noroeste y este-oeste. Además, según Rodríguez et al (2019) podría extenderse hacia el cantón de Goicoechea por el sector de El Alto

Puede presentar una longitud de aproximadamente 7 km (Montero et al., 2005). Pero en el área de estudio abarcaría unos 3 kilómetros aproximadamente con un rumbo noroeste-sureste.

Montero et al (2005) indica que en la parte oeste de este sistema corresponde con una falla inversa activa inclinada al este. Se expresa como pliegues y escarpes.

Montero et al. (2005) menciona que el temblor del 12 de julio de 1933 puede relacionarse con el sector sur del sistema de falla inversa de Cipreses. Además, Montero (2001) indica que el terremoto del 21 de febrero del 1912 puede estar asociado con este sistema de fallas, ya que causó muchos daños en Tres Ríos y los alrededores.

Las capas de suelo reciente desplazadas que fueron observadas al norte de San Juan de Tres Ríos, son indicadores que la falla está activa (Montero & Fernández., 2002). De acuerdo con las características geométricas de la falla y la evidencia histórica, este tipo de fallas podrían generar terremotos de magnitud (Mw) 6,0.

El Mapa 1.1-1 muestra la Geología del cantón.

1.1.2. Geomorfología del cantón de Goicoechea

Geólogo José Daniel López

Introducción

El presente informe corresponde a un estudio geomorfológico realizado en el cantón de Goicoechea. La geomorfología es una disciplina que estudia de manera descriptiva y explicativa el relieve de la Tierra, el cual es el resultado de un balance dinámico —que evoluciona en el tiempo— entre procesos constructivos y destructivos.

La importancia de estudiar los factores geodinámicos es la de conocer las condiciones locales del tipo de suelo en la que se va a construir y con ello a un futuro evitar cualquier tipo de problemas ocasionados por algún tipo de desplome, deslizamientos, derrumbes, etc., esto puede darse por algún corte o relleno mal diseñado o por desconocimiento de algunos aspectos geológicos.

Debido a esto, es una herramienta sumamente importante a la hora de tomar decisiones en aspectos de planificación urbana y un uso adecuado del suelo.

Metodología

En el ámbito de la geomorfología, el estudio de las formas se ha desarrollado tradicionalmente empleando múltiples herramientas (fotografías aéreas, mapas topográficos y geológicos, campo, etc.) que permiten al especialista captar visualmente la globalidad del fenómeno, pero mediante las cuales no siempre es sencillo cuantificar sus características (Pardo & Palomar, 2012).

En la actualidad, la disponibilidad de modelos digitales de elevación (MDE) desarrollados por medio de sistemas de información geográfica (SIG), permite enfrentar análisis sistemáticos del territorio contemplando sus tres dimensiones, lo que mejora sustancialmente su comprensión geomorfológica (Pardo & Palomar, 2012).

Para determinar la geomorfología del cantón de Goicoechea, se siguieron los siguientes pasos:

Etapas 1: Creación del mapa geomorfológico escala 1: 25 000 del cantón de Goicoechea

La etapa conlleva una recopilación bibliográfica de toda la información geológica como geomorfológica de la zona de estudio. Posteriormente se realizó la fotointerpretación Geomorfológica por medio trabajo de campo, y modelos de elevación digital, así como utilizando el software Google Earth, con el fin de modificar, reagrupar y reclasificar ciertas geoformas, de acuerdo a la interpretación del creador del presente documento.

El procesamiento de datos geográficos, se realizó por medio del sistema de información Geográfica Arcgis 10 y su aplicación para generar modelos de elevación del terreno.

Parte de la clasificación de las morfologías se ha basado en parte en la metodología de I.T.C, de Holanda descrita por Van Zuidan (1986), la cual trata de unificar nombres en descripciones sencillas a las unidades que han sido cartografiadas.

Etapa 2: Giras de campo

Se realizó una gira al campo con el fin de corroborar las diferentes unidades geomorfológicas determinadas en la etapa de preliminar de consulta bibliográfica.

Etapa 3: Procesamiento de datos y elaboración de mapa final

Con base en la gira realizada, se termina de delimitar la fotointerpretación geomorfológica, generando un mapa geomorfológico, escala 1:25 000, el cual incluye una descripción de las diferentes unidades encontradas. En dicha descripción se incorpora, la localización de cada una de las unidades, su origen, dimensiones y composición.

Resultados

Mediante la evaluación tanto de modelos de elevación y las visitas al de campo, se realizó un mapa geomorfológico del cantón de Goicoechea provincia de San José.

Descripción de unidades geomorfológicas

La geomorfología de la zona de estudio está dominada por la presencia de relieves de composición volcánica, los cuales son afectados por factores erosivos y esfuerzos tectónicos, que han generado su topografía actual.

La forma general del relieve que domina la zona de estudio es de tipo cóncava teniendo su punto más alto en los cerros asociados al Macizo del Irazú, con forme se aleja de este sector con rumbo hacia el oeste, la pendiente disminuye, conformando así una gran cuenca, en la cual en los sectores montañosos(al este) predominará la erosión producto principalmente de los ríos y quebradas presentes, los cuales tienden a transportar y depositar el material en la zona central (hacia el oeste) del cantón en donde la pendiente se torna plana.

Las unidades geomorfológicas se han agrupado de acuerdo a su origen como de tipo denudacionales, éstas serán descritas a detalle a continuación; todas las formas descritas se pueden apreciar en el mapa geomorfológico del área de estudio (Mapa 1.1-2).

Formas de origen denudacional

Se refiere a las formas que deben su origen a un constante moldeo producto de factores erosivos como la escorrentía, a la acción fluvial y gravitacional y pueden llegar a producir movimientos de masas del terreno o bloques rocosos por la acción gravitatoria y/o mal uso del suelo. La principal

característica es el alto grado de erosión de las rocas creando una capa de suelo de peso espesor y pendientes muy fuertes.

Desarrolladas por la acción de procesos exógenos (meteorización y erosión) que afectan a diferentes rocas asociadas a la actividad volcánica y sedimentaria del pacífico central las cuales al exponerse a diferentes factores de dinámica externa han generado montañas y colinas de diferente grado de pendiente, así como zonas depositacionales, producto del acarreo y acumulación de los materiales.

Laderas Volcánicas Denudacionales de Alta Pendiente

Ubicación: Comprende un área de aproximadamente 24,7 Km² lo que involucra un 34,6 por ciento del área estudiada, incluye las zonas altas pertenecientes a los poblados de Rancho Redondo, Vista de Mar y sus alrededores.

Morfografía: Esta unidad agrupa a parte de las laderas occidentales del macizo volcánico del Irazú. Presentan una topografía sumamente disectada producto del socavamiento de los ríos y quebradas de la zona (20 metros o más en las partes más altas), los cuales presentan una dirección preferencial rumbo oeste, las pendientes presentes en esta unidad son sumamente altas, involucrando inclinaciones generalmente superiores a los 35°, con divisorias de aguas muy angostas.

Con base en la topografía observada es posible delimitar ciertos flujos y depósitos, los cuales se caracterizan por presentar un drenaje con dirección este-oeste. Los depósitos tienden a orientar a los ríos y quebradas del lugar, dichos flujos se podrían relacionar con frentes de colada provenientes del foco volcánico del Irazú, sin embargo, son difíciles de observar en el campo debido a potentes espesores de cenizas meteorizadas que se encuentran en la zona. Los fondos de los valles por lo general son angostos en forma de V, evidenciando una erosión intensa a profundidad. Se caracteriza por tener divisorias de aguas angostas, poco redondeadas.

Esta unidad presenta dos tipos de patrón de drenaje dominantes, uno paralelo y otro dendrítico, este último predomina en las partes más altas, tornándose paralelo en los principales ríos colectores de la zona como lo es el Virilla.

Además, los cauces de los ríos presentan gran cantidad de material coluvial, lo cual incluye bloques de tamaños métricos. Al pie de los cauces de río, en ciertos sectores se pueden presentar, movimientos de reptación, socavamiento y deslizamientos producto de materiales poco estables. Esto se debe a que la fuerte pendiente asociada a los factores erosivos, lo que provoca una relación entre procesos de erosión y sedimentación en la cual para esta unidad, sea mayoritariamente favorable a la erosión (Muy Alta), mientras que la sedimentación se daría en muy baja proporción siendo destinada a sectores puntuales y de poco espesor (Muy Baja).

En lo referente a la relación entre la dirección del talud con las lineaciones y estructuras tectónicas regionales, se ha observado que en su mayoría los taludes y cauces de ríos y quebradas presentan una tendencia a ser perpendiculares con rumbos hacia el suroeste en contraparte con los sistemas

de fallas que tienen rumbo NW/SE (Fallas Cipreses, Lara y Nubes), cerca de las cuales se observan secciones paralelas.

Para otras secciones en donde la roca presenta un alto contenido de material arcilloso y no hay evidencia en superficie de fallamiento se ha optado por indicar una relación una relación de tipo Oblicua ya que se conoce por los registros litológicos de pozos (descripciones realizadas por Ramos, 2014) el alto grado de fracturamiento que poseen las coladas de roca de la zona.

Tipo de rocas: Litológicamente esta unidad está conformada por depósitos de origen volcánico, incluyendo coladas de lavas y depósitos de cenizas interdigitados provenientes del flanco suroeste del volcán Irazú asociadas a las Formaciones Sapper y Reventado.

Morfogénesis: Genéticamente esta unidad es producto de la interacción entre los depósitos de origen volcánico del Irazú y la erosión hídrica de los ríos de la zona.

La actividad volcánica generó una serie de productos eruptivos (flujos de lava o material piroclástico). Dichos procesos que generaron relieves positivos, que luego con el pasar del tiempo se han ido erosionando debido a factores climáticos.

Edad: Alvarado, et al., 2006, indica dataciones radiométricas para las Formaciones Sapper y Reventado con un rango de edad entre los 110.000 años hasta los \pm 5.000 años.

Laderas denudacionales de moderada pendiente

Ubicación: Comprenden los cerros ubicados al oeste, de Goicoechea, en los distritos de Purral y Mata de Plátano. Comprende un área de aproximadamente 22,9 Km² lo que involucra un 32 por ciento del área estudiada,

Morfografía: Presenta topografía medianamente disectada producto del socavamiento de los ríos y quebradas de la zona (valles menores a 20 metros), las pendientes presentes en esta unidad son moderadas, involucrando inclinaciones dominantes entre los 8° a los 35°. Las divisorias de aguas presentan un relieve más redondeado.

Esta unidad presenta un patrón de drenaje, predominantemente paralelo, indicativo de antiguos flujos de origen volcánico son su principal dominante. Los ríos presentan una transición de sus cauces de tipo V a tipo U, pasando de una erosión a profundidad a una erosión laminar lateral.

En ciertos sectores cercanos a las orillas se pueden presentar deslizamientos pequeños producto de la dinámica de los ríos y de la invasión a la zona de protección del río por parte de actividades urbanas. Debido a esto, en lo que respecta los procesos de erosión/ sedimentación, debido a que esta unidad posee una pendiente moderada, y con base en sus productos, se considera como una zona de transición en donde se considera que ambos procesos se encuentran en equilibrio (Procesos erosión/sedimentación Moderados).

En lo referente a la relación entre la dirección del talud con las lineaciones y estructuras tectónicas regionales, no se ha observado una relación importante en la cobertura litológica presente y a la no presencia de fallas neotectónicas en el área, por lo que en general para esta unidad el sentido del talud con respecto a la tectónica regional, se considera como sin relación.

Tipo de rocas: Las rocas aflorantes dentro de esta unidad involucran litologías asociadas depósitos de origen volcánico, incluyendo coladas de lavas y cenizas interdigitados provenientes del flanco suroeste del volcán Irazú asociadas a las Formaciones Sapper y Reventado. Además de depósitos de Lahares asociados a la Formación Lahares y cenizas.

Morfogénesis: Producto de la acción erosiva sobre el relieve el cual tiende a presentarse más estable, es decir la acción erosiva es menos intensa, debido a una relativa estabilidad entre los procesos de sedimentación/erosión.

Edad: Alvarado, et al., 2006, indica dataciones radiométricas para las Formaciones Sapper y Reventado con un rango de edad entre los 110.000 años hasta los \pm 5.000 años. Mientras que Denyer & Arias (1991) asignan una edad pleistoceno tardío a Holoceno para la Formación Lahares y Cenizas.

Laderas volcánicas de baja pendiente

Ubicación: Se localizan desde la parte oeste de Ipís y Purral, abarcando todos los distritos de Guadalupe, San Francisco y Calle Blancos

Morfografía: Abarca un área de 23,8 km², lo que equivale al 33,35 % del área estudiada. Presenta un relieve de ondulado con pendientes bajas. Esto se debe a una disminución en el ángulo promedio de pendiente la cual ronda valores promedio menores a los 8 grados de inclinación.

El cambio de pendiente favorece la presencia de depósitos de mayor espesor conformados por materiales que varían de gruesos a más finos con conforme se aleja de la zona montañosa ubicada al este, en esta sección los cauces de los ríos son anchos cambiando la forma en V por una en U y disminuyendo la fuerza de arrastre, por lo cual es una unidad que favorece el inicio de procesos de sedimentación. Las divisorias son anchas y el patrón de drenaje es paralelo, los cauces presentan una dirección predominante de flujo hacia el oeste.

Los movimientos de masa son muy escasos centralizándose en los márgenes de los ríos durante eventos extraordinarios o por producto de la invasión de las zonas de protección debido a un crecimiento urbano sin planificación. La erosión predominante es la laminar, con sentido a descargar a la cuenca del río Virilla.

Debido a estas características en esta unidad se estima una predominancia de los procesos de sedimentación (Altos) sobre los erosivos (Bajos).

En lo referente a la relación entre la dirección del talud con las lineaciones y estructuras tectónicas regionales, no se ha observado una relación importante debido a la cobertura litológica presente y a la no presencia de fallas neotectónicas en el área, por lo que en general para esta unidad el sentido del talud con respecto a la tectónica regional, se considera como ninguna. Cabe señalar los sectores cercanos a la Falla Ciprés se ha considerado con respecto a la geomorfología una zona con presencia de alineamientos de cauces con respecto a la traza de falla, que podría indicar un cierto grado de relación por lo cual para este sector se ha determinado una lineación de tipo Oblicua.

Tipo de roca: Esta unidad se conforma de depósitos de lahares y capas de ceniza que generan un suelo arcilloso color café claro, los cuales se asocian a la Formación Lahares y Cenizas definida por Denyer & Arias (1991).

Morfogénesis: El origen de esta unidad se encuentra relacionado con el relleno de lahares y otros debris de origen volcánico, que se depositaron sobre anteriores depósitos de ignimbrita de topografía plana. Estos materiales representan una forma originada por la geodinámica interna denominada por Bergoing et al (1981) como Planos y mesetas estructurales.

Edad: Denyer & Arias (1991) asignan una edad pleistoceno tardío a Holoceno para la Formación Lahares y Cenizas.

1.1.3. Cálculo del factor litopetrofísico

El factor litopetrofísico incluye una serie de variables referentes a la capacidad mecánica y soportante de las capas superiores del suelo, agrupándolos y delimitándolos espacialmente de manera preliminar en base a los mapas geológico y geomorfológico.

Para ello se ha tomado como base el mapa geológico y geomorfológico para generar unidades homogéneas y caracterizarlas a través de 7 variables.

La geología ayudará a definir la constitución y génesis de las rocas presentes en el área, mientras que la geomorfología definirá como se manifiestan superficialmente y su interacción con los factores geodinámicos, lo que ayuda a conocer las condiciones locales del tipo de suelo en la que se va a construir y con ello a un futuro evitar cualquier tipo de problemas ocasionados por algún tipo de desplome, deslizamientos, derrumbes, etc. Cabe mencionar que esta información debe ser abarcada a mayor profundidad en la escala de proyectos o propuestas constructivas que termina siendo en última instancia donde se dan la mayor parte de las medidas correctivas y preventivas sobre una posible afectación a las obras por deficiencia mecánica del material subyacente.

Metodología

La metodología para delimitar el factor litopetrofísico del cantón de Goicoechea consistió en tres etapas.

La primera etapa consistió en la recopilación de información bibliográfica de diferentes fuentes con el fin de obtener mapas bases tanto geológico como geomorfológico a escala 1: 25 000 del cantón, así como conocimiento de los diferentes esfuerzos y estructuras tectónicas presentes en el área.

Una vez obtenida información de las fuentes bibliográficas, se realizó una gira de campo con el fin de definir y corroborar la distribución espacial de las unidades y tanto geológicas como geomorfológicas encontradas.

De igual manera en que se realizó la corroboración de unidades, se realizó una serie de levantamientos en diferentes afloramientos de roca con el fin de obtener los 7 criterios litopetrofísicos demandados por la metodología.

La tercera etapa consistió en la unificación de todo lo recolectado tanto de las fuentes biográficas como en el campo, definiendo así un mapa geológico y un mapa geomorfológico para el área de estudio, así como sus respectivas descripciones.

Una vez generados estos mapas se procedió con el proceso de elaboración del criterio litopetrofísico. Éste consistió en asignar a las diferentes unidades geológicas los diferentes valores obtenidos en los afloramientos visitados en el campo.

Esto significa que para cada unidad geológica se realizó una ponderación entre los valores obtenidos en afloramientos pertenecientes a una misma formación, promediando los resultados finales para obtener un valor único para una determinada área o unidad geológica.

En el caso de unidades muy extensas o que contuvieran varios sitios analizados, se procedió a subdividir la unidad por medio de polígonos de Thyssen.

Cabe señalar que el mapa geológico ayudó al proceso de interpolación ya que se realizó un proceso de asignación dirigido al levantamiento litopetrofísico, combinando criterios geológicos con los parámetros IFA litopetrofísicos, para establecer unidades de mapeo y analizar la distribución litopetrofísica en el paisaje. La geología provee los contornos de las unidades de mapeo (el conteniente), mientras que los valores litopetrofísicos suministran los componentes taxonómicos de las unidades de mapeo.

La metodología de evaluación del factor litopetrofísico señala la evaluación de siete parámetros en el campo: la dureza de la roca, consistencia del suelo, lineación, meteorización, espesor del suelo, contenido de arcilla y permeabilidad. Es importante señalar que para el presente trabajo se contemplaron los siguientes puntos:

Es importante recalcar que para el parámetro de consistencia del suelo la metodología tradicional indica que una consistencia muy blanda indica una fragilidad muy baja mientras que un suelo muy consistente se considera con una fragilidad muy alta. Sin embargo, durante el análisis de campo realizado y debido a las características de los suelos y rocas de la zona de interés (de fuerte

pendiente, muy meteorizados muy susceptibles a deslizarse), se consideró para el presente trabajo, invertir la clasificación considerando que suelos muy consistentes generan un índice de fragilidad bajo y suelos muy blandos indican un índice de fragilidad muy alto.

Para litologías que por su propia génesis (generalmente asociados a depósitos recientes, como capas de ceniza y lahares) no poseen un factor de lineación definido o claro o éste se encuentra ausente debido a que son rocas suaves transformadas a suelo, se ha asignado un valor de lineación con base en el contenido de arcilla y la porosidad aparente observada, ya que se considerará que el material al ser de tipo granular tendrá gran cantidad de microlineaciones entre los espacios intragranulares, esto es los intersticios entre granos se tomarán como lineaciones. En un medio con mucha arcilla la porosidad efectiva será baja por ende las lineaciones serán bajas, caso contrario para medio muy porosos.

Para la evaluación del factor litopetrofísico se realizó el análisis espacial de los parámetros expuestos en la ficha técnica del anexo 2 del Decreto 32967-MINAE por medio de un SIG, para los cuales se utiliza la clasificación mostrada.

Tabla 1-1. Parámetros a evaluar para el factor litopetrofísico

Valor del índice	1	2	3	4	5
Dureza de Roca	Muy suave <5,0 MN/m ²	Suave 12,5-5 MN/m ²	Firme 12,5 -50 MN/m ²	Muy firme 50-100 MN/m ²	Duro >100 MN/m ²
Consistencia del suelo	Muy blando >0,6 MN/m ²	Blando 0,3-0,6 MN/m ²	Firme 0,15-0,3 MN/m ²	Consistente 0,08-0,15 MN/m ²	Muy consistente <0,08 MN/m ²
Factor de lineación	Muy alto	Alto	moderado	bajo	Muy bajo
Grado de Meteorización	Completamente (suelo)	Fuerte	moderado	Bajo (roca sana)	No meteorizado
Espesor de la capa de suelo	>8 m	8 - 4 m	4 - 2 m	2 - 1 m	< 1 m
Contenido de arcilla	Muy alto	Alto	moderado	Bajo	Ausente
Porosidad / Permeabilidad aparente	Muy alta	Alta	moderada	Baja	Muy baja

Resistencia inferida (firmeza de la roca)

Mediante observaciones cualitativas realizadas directamente en el campo, se determinó la firmeza de la roca (la roca se destruye con: mano, con golpes de piqueta, la piqueta rebota, etc.).

Este factor se relaciona directamente con la capacidad de carga de la unidad litopetrofísica y por lo tanto la estabilidad. Por lo anterior se tiene que un aumento en la firmeza de la roca aumenta la geopotencialidad de un terreno para la construcción, mientras en los sitios con una baja firmeza se consideran riesgosos. El Mapa 1.1-3 muestra la dureza de la roca para el cantón

Consistencia o resistencia del suelo

En el siguiente cuadro se relacionan la consistencia con la resistencia a la compresión simple, a partir de esto, utilizando observaciones cualitativas de campo se aproxima de manera general asociando las variaciones del suelo con cada unidad geológica. Los parámetros utilizados para dicha clasificación se observan en la Tabla 1-2. El Mapa 1.1-4 muestra los resultados del IFA de consistencia del suelo.

Tabla 1-2. Parámetros estándar para la clasificación de la resistencia compresión simple de suelos arcillosos y categorías asignadas para cada unidad litopetrofísica definida.

Criterio de reconocimiento	Resistencia Aprox. a la compresión simple (MPa)	Valor de Fragilidad	Clasificación IFA
El dedo penetra fácilmente varios cm	<0,05	1	Muy suave
Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0,05-0,1	2	suave
Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0,1-0,25	3	Firme
Con cierta presión puede marcarse con la uña	0,25-0,5	4	Consistente
Se marca con dificultad al marcarse con la uña	> 0,5	5	Muy consistente

Fuente: Tomado y Modificado de Gonzales, 2002.

Factor de lineación

El factor de lineación consiste en la suma de cualquier tipo de parámetro que sea o induzca planos de debilidad que pueda incidir en porosidad y en la estabilidad del terreno, en correlación con la presencia de alineamientos o fallas que fracturen la roca. Los planos de estratificación, laminación, fracturas (independientemente de su origen) son ejemplos de las variables de dicho factor.

La clasificación del factor de lineación se realiza cualitativamente, a partir del número de planos de debilidad presente en los macizos rocosos, según criterio profesional. Tomando en cuenta criterios como lo son: fracturación, estratificación, laminación, diaclasas y fallas.

Un aumento en el factor de lineación produce una disminución del factor de geoaptitud esto en función de la estabilidad del terreno. Por otra parte, las unidades geológicas asociadas a las unidades geomorfológicas donde se identificó un alto grado de fracturación, son potenciales zonas de extracción del recurso hídrico. El Mapa 1.1-5 muestra la variable IFA de factor de lineación.

Grado de meteorización

Este parámetro es definido cualitativamente, directamente en el campo para cada unidad litológica asociada a una geomorfológica, de acuerdo con la clasificación presente. A mayor grado de meteorización disminuye la geoaptitud en función de la estabilidad del terreno. El Mapa 1.1-6 muestra la variable IFA de grado de meteorización.

Tabla 1-3. Criterios cualitativos para la clasificación del grado de meteorización de un macizo rocoso

Grado de meteorización	Geoaptitud	Clasificación	Descripción
1	5	Sano	No hay signos de meteorización.
2	4	Ligeramente meteorizado	El macizo se presenta decolorado en su totalidad, especialmente en superficies de discontinuidad.
3	3	Moderadamente meteorizado	Parte del macizo se encuentra descompuesto o se ha transformado a suelo. El resto aparece como núcleos aislados o una estructura continua.
4	2	Completamente meteorizado	El macizo aparece descompuesto y/o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo.
5	1	Suelo residual	Todo el macizo se ha transformado en suelo. Se ha destruido la estructura del macizo y la fabrica del material.

Fuente: Tomado y modificado de González, 2002.

Contenido de arcilla

Según la metodología establecida se evalúa el contenido de arcilla de la unidad aflorante, ya sea suelo o roca. Las unidades de grano más fino contienen mayor cantidad de arcilla, y son menos permeables que las unidades de grano grueso cuando existen buenas condiciones de drenaje.

A mayor contenido de arcilla disminuye la geoaptitud, esto debido a su baja permeabilidad que causa problemas de drenaje, las arcillas conocidas como “expansivas” varían su volumen en presencia o ausencia de agua afectando la estabilidad del terreno, lo cual puede afectar las estructuras, aún más si se suma a aceleraciones sísmicas. El Mapa 1.1-7 muestra la variable IFA de contenido de arcilla.

Permeabilidad

Para integrar el factor de permeabilidad, se realiza una correlación de las unidades geológicas de acuerdo con la granulometría observada en el campo. Los valores asignados indican la permeabilidad relativa entre unidades.

Desde el punto de vista de la gestión del recurso hídrico, estos parámetros y la zonificación generada en este informe, la geoaptitud vendría a indicar dos puntos: las zonas de alta geoaptitud que presentan menor permeabilidad, existe menor riesgo de contaminación acuífera, por caso de derrames de contaminantes en superficie. Sin embargo, estas zonas no son aptas para la extracción de aguas en niveles someros ya que no son productivas. El Mapa 1.1-8 muestra la variable IFA de permeabilidad.

Tabla 1-4. Ponderación de los criterios de evaluación para el factor litopetrofísico

Afloramiento	Longitud	Latitud	Dureza	Consistencia	Lineación	Meteorización	Espesor suelo	Arcilla	Porosidad
G1	494091	1099414	3	2	3	1	1	2	3
G2	494920	1100009	3	3	3	2	4	2	3
G3	495191	1100239	4	4	2	4	3	3	4
G4	498810	1100442	3	3	2	2	3	2	4
G5	500503	1101407	2	2	3	1	3	3	3
G6	501765	1102214	2	3	3	1	3	3	2
G7	503887	1102287	2	3	3	1	3	3	2
G8	507937	1100403	4	3	2	3	4	3	4
G9	507027	1101300	3	3	3	3	3	4	4
G10	499021	1102398	3	3	2	1	4	3	3
G11	497676	1102142	2	3	3	1	3	3	3
G12	496352	1101036	3	3	2	2	3	3	3
G13	492815	1100732	3	3	2	2	2	2	2
G14	492011	1099511	3	3	2	1	3	3	4
G15	492797	1099062	3	3	2	3	2	2	4

Resultados

Al integrar cada uno de los mapas se obtuvo el mapa final para el factor litopetrofísico del cantón de Goicoechea (Mapa 1.1-10).

El resultado de la suma toma en consideración un total de 7 variables que abarcan la totalidad del cantón, así la agrupación del resultado de la sumatoria se realiza de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 1- 5. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor litopetrofísico

Categoría Nominal	Categoría Numérica	Si N=	7
		Valor de corte	
		Inferior	Superior
Muy Alto	1	7	10
Alto	2	11	17
Moderado	3	18	24
Bajo	4	25	31
Muy Bajo	5	32	35

Dicho mapa indica que para el Cantón de Goicoechea, el factor litopetrofísico posee un índice de fragilidad de Moderado a Alto, esto quiere decir que la mayoría de rocas del cantón se encuentran sumamente alteradas, muy meteorizadas, y algunas ubicadas en zonas de alta pendiente, lo que puede llegar a presentar condiciones desfavorables para la capacidad de soporte producto de la calidad de los materiales, lo que a su vez pueden desencadenar condiciones susceptibilidad a procesos erosivos.

En el caso de los sectores correspondientes a laderas de pendientes moderadas a Altas, conformadas por depósitos de cenizas y lapilli de las formaciones lahares y Cenizas y Sapper, el índice litopetrofísico ha indicado un valor Alto, esto debido a que la consistencia y la dureza de éstos depósitos es generalmente baja, además el contenido de arcilla o la porosidad por lo general son moderadas, lo que podrían desfavorecer a la estabilidad de los materiales principalmente en sectores montañosos.

En el caso de las zonas de pendiente baja compuestas por rocas asociadas a la Fm. Lahares y Cenizas que han dado un valor litopetrofísico Moderado, éste principalmente se asocia a que la estabilidad de la pendiente, la cual ha favorecido la acumulación de materiales que aunque presentan un espesor de suelo alto y un contenido de arcillas elevado, se han asentado en lugares que han favorecido un aumento en la dureza y consistencia de los materiales, así como una disminución en el factor de lineación, lo que ha ayudado al resultado final.

En el caso de las zonas de pendiente baja y Moderada, conformadas por la Formación Lahares y Cenizas, el amplio espesor de suelo presente en estos sectores además del incremento considerable en el contenido de arcillas en el medio, así como el grado de meteorización han disminuido el valor litopetrofísico dando como resultado un valor Alto, esto abonado a un aumento en la cantidad de lineaciones producto de la interacción con los sistemas de fallas ubicados en el área.

Limitaciones de la metodología

Los límites de las unidades definidas no corresponden necesariamente con unidades litológicas y estos pueden ser transicionales. Además, estos son de carácter general.

Los valores estimados en el campo son únicamente válidos para el sitio en el cual fue tomado. Se asume que dicho valor es representativo del área circundante, pero no excluye la posibilidad de la existencia de variaciones puntuales no observadas en los sitios visitados.

Para ciertas zonas, principalmente en la zona montañosa de mayor elevación, su inaccesibilidad o falta de visibilidad provocaron que no se pudieran obtener más puntos de control que favorecieran a un mejor criterio de ponderación.

Limitaciones y potencialidades técnicas

A partir del mapa elaborado que integra los parámetros contenidos en este factor se obtienen las siguientes limitaciones y potencialidades de las zonas. Dicho resultado se muestra en la Tabla 1-6.

Tabla 1-6. Tabla de limitantes y potencialidades técnicas del factor litopetrofísico

Factor Litopetrofísico	Características	Limitaciones	Potencialidades
Alto	Asociado a litologías meteorizadas con importante espesor de suelo, e importante cantidad de lineaciones, se pueden presentar deslizamientos, los procesos de erosión y sedimentación se encuentran activados, topografías generalmente disectadas	Zonas cercanas a cauces de ríos pueden verse afectadas por inundaciones o flujos de barro, disminución del proceso de escorrentía, acumulación de agua en superficie. Las zonas bajas y planas pueden ser propensas a la contaminación por infiltración de contaminantes en superficie. Mayor posibilidad de generación de deslizamientos en zonas montañosas de alta pendiente. Puede llegar a limitar el desarrollo urbano, o actividades agrícolas y ganaderas extensivas, sin estudios geotécnicos que garanticen la estabilidad de la zona	Para el establecimiento de construcciones controladas o ubicación de industrias. Potencial de explotación de agua subterránea por medio de pozos. Actividades agrícolas y ganaderas controladas. Sectores montañosos ideales para conservación y fomento de zonas de recarga hídrica. Áreas que ante una solución geotécnica adecuada y siempre que otras variables o temáticas no las limiten, Pueden ser empleadas para amplias variedades de desarrollos
Moderado	Sectores estables, consistentes y de roca dura,	Pueden ser afectadas por eventos meteorológicos o amenazas naturales puntuales. Susceptibles a inundaciones en sectores donde las zonas de protección de cauces no son respetadas. Las zonas bajas y planas, pueden ser propensas a la contaminación por infiltración de contaminantes en superficie.	Para actividades agrícolas y ganaderas extensivas. Amplio potencial para el establecimiento de construcciones controladas o ubicación de industrias. Poca posibilidad de generación de deslizamientos. Para zonas de mayor pendiente las actividades agrícolas y ganaderas pueden ser permitidas. O zonas de extracción minera. Áreas que ante una solución geotécnica adecuada y siempre que otras variables o temáticas no las limiten, pueden ser empleadas para amplias variedades de desarrollos

Observaciones y recomendaciones

- Es importante señalar que los mapas geomorfológicos y geológicos se generan a partir de la interpretación de información puntual y parcial, por lo que los límites, formas y dimensiones de cada unidad pueden variar de acuerdo al autor, lo mismo que el nombre u origen de algunas unidades, sin que esto implique que la información no sea fidedigna.
- El mapa de factor litopetrofísico resultante es únicamente para el proceso de IFA. Representa zonas limitadas con diferentes variables cuantificadas a través de índices de fragilidad, sin embargo, los límites en realidad son difusos y la asignación de valores a la variable puede variar a mejores escalas producto de la heterogeneidad del suelo y el proceso propio de formación de las capas del mismo. Para proyectos específicos de desarrollo se requieren estudios más detallados y herramientas de cálculo apropiadas según sea el caso y tipo de proyecto.
- Las zonas con el valor IFA más alto no deben considerarse como exentas de algún tipo de amenaza, posiblemente son menos frágiles pero siempre serán frágiles en dependencia de algún factor o fenómeno que ocurra o que se analice.

Certidumbres técnicas

La muestra la estimación de las certidumbres técnicas para este factor. El peso otorgado para cada variable analizada se da en función del criterio de experto. La sumatoria fue de 239, lo cual indica un grado de certidumbre muy alto.

Tabla 1-6. Certidumbres técnicas del factor litopetrofísico

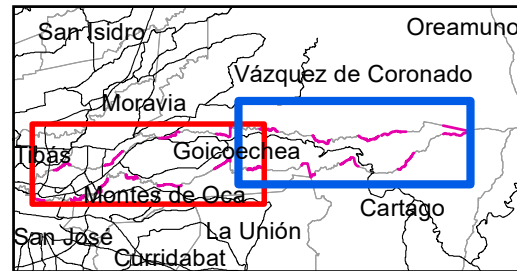
Valores	Muy alto (5)	Alto (4)	Moderado (3)	Bajo (2)	Muy bajo (1)
Criterios y su peso					
Dureza del material geológico (7)	35				
Consistencia (grado de cohesión) (9)	45				
Lineación (7)			21		
Meteorización (7)	35				
Espesor capa suelo (8)	40				
Contenido de arcilla (8)		36			
Porosidad/ Permeabilidad (9)			27		
Sumatoria	155	36	48	0	0
Resultado final	275 - 231	230-187	186-143	142-99	98-55

Referencias

- ALONSO-HENAR, J., MONTERO, W., MARTÍNEZ-DÍAZ, J., ÁLVAREZ-GÓMEZ, J., INSUA-ARÉVALO, J., AND ROJAS, W. (2013). The Aguacaliente Fault, source of the Cartago 1910 destructive earthquake (Costa Rica). *Terra Nova*, 25(5), 368-373. doi: 10.1111/ter.12045.
- ALVARADO, G.E.; CARR, M.J.; TURRIN, B.D.; SWISHER, C.C.; SCHMINCKE, H.U. & HUDNUT, K.W., 2006: Recent volcanic history of Irazú volcano, Costa Rica: Alternation and mixing of two magma batches, and pervasive mixing. -En: ROSE, W.I.; BLUTH, G.J.S., CARR, M.J., EWERT, J., PATINO, L.C. & VALLANCE, J. (eds.): *Volcanic Hazards in Central America*, Geol. Soc. Amér. Sp. Paper, 412: 259-276.
- ALVARADO, G. E. & GANS, P., 2012: Síntesis geocronológica del magmatismo, metamorfismo y metalogenia de Costa Rica, América Central.- *Rev. Geol. Amér. Central*, 46: 7-122.
- ARREDONDO, S.G. & SOTO, G.J., 2006: Edad de las lavas del Miembro Los Bambinos y sumario cronoestratigráfico de la Formación Barva, Costa Rica. – *Rev. Geol. Amér. Central*, 34 – 35: 59 – 71.
- BERGOEING, J. P. & E. MALAVASSI. 1981. Carta Geomorfológica del Valle Central. Escala: 1:50.000 (9 hojas más texto) editada en colores por Instituto Geográfico Nacional, Costa Rica (900 ejemplares)
- COMISIÓN NACIONAL DE EMERGENCIAS, 2020: Mapa de amenazas Naturales del Cantón de Goicoechea, Escala 1:50 000.
- CLIMENT, A., ROJAS, W., ALVARADO & G., BENITO B., 2008: Evaluación de la amenaza sísmica en Costa Rica. Proyecto Resis II. Universidad de Costa Rica, Instituto Costarricense de Electricidad, Comisión Nacional de Emergencias. 110 págs.
- DENYER, P., & ARIAS, O., 1991: Estratigrafía de la región central de Costa Rica. – *Rev. Geológica de América Central* (12): 1-59. San José, Costa Rica.
- BATALLA, M Y BURCALLA, P 2002: Licuefacción de los suelos. Informe Final del Proyecto de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Fidelitas 126p
- DENYER, P. et al, 2003: Atlas tectónico de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- DÓNDOLI, C., 1954: Estudio geoagrónómico de la región oriental de la Meseta Central. Ministerio de Agricultura e Industrias, 180 pág.
- ECHANDI, E., 1981: Unidades Volcánicas de la vertiente norte de la Cuenca del río Virilla. – Escuela Centroamericana de Geología. San José, Costa Rica. 123 pág. + 1 mapa. [Tesis de licenciatura].
- FERNÁNDEZ, M., 1969: Las unidades hidrogeológicas y los manantiales de la vertiente norte de la cuenca del Río Virilla. 43 pág. San José, Costa Rica.
- FERNÁNDEZ, M., MORA, M. & BARQUERO, R., 1998: Los procesos sísmicos en el volcán Irazú (Costa Rica) . – *Rev. Geol. Amér. Central*, 21: 47-59.

- FERNÁNDEZ, M. & PACHECO, A., 1998: Sismotectónica de la región central de Costa Rica. – Rev. Geol. Amér. Central, 21: 5-23.
- FERNANDEZ et al, 1998: Procesos Sísmicos en el Volcán Irazú. Rev. Geol. Amér. Central. 21: 47 -58.
- KRUSHENSKY, R.D., 1972: Geology of the Irazú Quadrangle: Washington, U.S. Geological Survey Bulletin 1353, 46 p.
- LÓPEZ-OVIEDO, J.D., 2015: Recarga Potencia para los Acuíferos de un sector al sur del río Virilla, San José, Costa Rica.- ECG-UCR. San José, Costa Rica. [Tesis de Licenciatura].
- MALAVASSI, E., 1965: Reseña geológica del Valle Central de Costa Rica. – Informes técnicos y notas geológicas. 25 pág. San José, Costa Rica
- MALAVASSI, E., & MADRIGAL, R., 1967: Reseña geológica del Área metropolitana de Costa Rica. – Informes técnicos y notas geológicas. 9 págs. San José, Costa Rica.
- MARSHALL, J., FISHER, D., AND GARDNER, T., 2000: Central Costa Rica deformed belt: Kinematics of diffuse faulting across the western Panama block. Tectonics, 19(3), 468-492. doi: 10.1029/1999TC001136.
- MONTERO, W., Y MIYAMURA, S. (1981). Distribución de intensidades y estimación de los parámetros focales de los terremotos de Cartago de 1910, Costa Rica, América Central. Informe Semanal Instituto Geográfico Nacional, San José, pp. 9-34.
- MONTERO, W. (1994). Neotectonics and related stress distribution in a subduction collisional zone: Costa Rica. In: H. Seyfried, W. Hellmann (Eds.). Geology of an Evolving Island Arc. The Isthmus of Southern Nicaragua, Costa Rica and Western Panamá (pp. 125-141). Profil 7. Stuttgart: Institut fuer Geologie und Palaeontologie der Universitaet Stuttgart.
- MONTERO, W. & ALVARADO, G., 1995: El Terremoto de Patillos del 30 de diciembre de 1952 ($M_s=5,9$) y el contexto Neotectónico de la Región del Volcán Irazú, Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Centr., 18: 26 - 40.
- MONTERO, W., DENYER, P., BARQUERO, R., ALVARADO, G., COWAN, H., MACHETTE, M., HALLERM K & DART, RICHARD. 1998: Map an database of Quaternary faults and folds in Costa Rica and its offshore regions. – Reporte preliminar de USGS.
- MONTERO, W. (2001). Neotectónica de la región central de Costa Rica: frontera oeste de la microplaca de Panamá. Revista Geológica de América Central, 24, 29-56. doi: 10.15517/rgac.v0i24.8551.
- MONTERO, W., FERNANDEZ, M., 2002: Fallamiento y sismicidad del area entre Cartago y San José, valle central de Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Central., 26: 25-37.
- MONTERO, W., 2003: El sistema de falla Atirro-Río Sucio y la cuenca de tracción de Turrialba-Irazú: indentación tectónica relacionada con la colisión del levantamiento del Coco. – Rev. Geol. Amér. Central, 28:05-29.

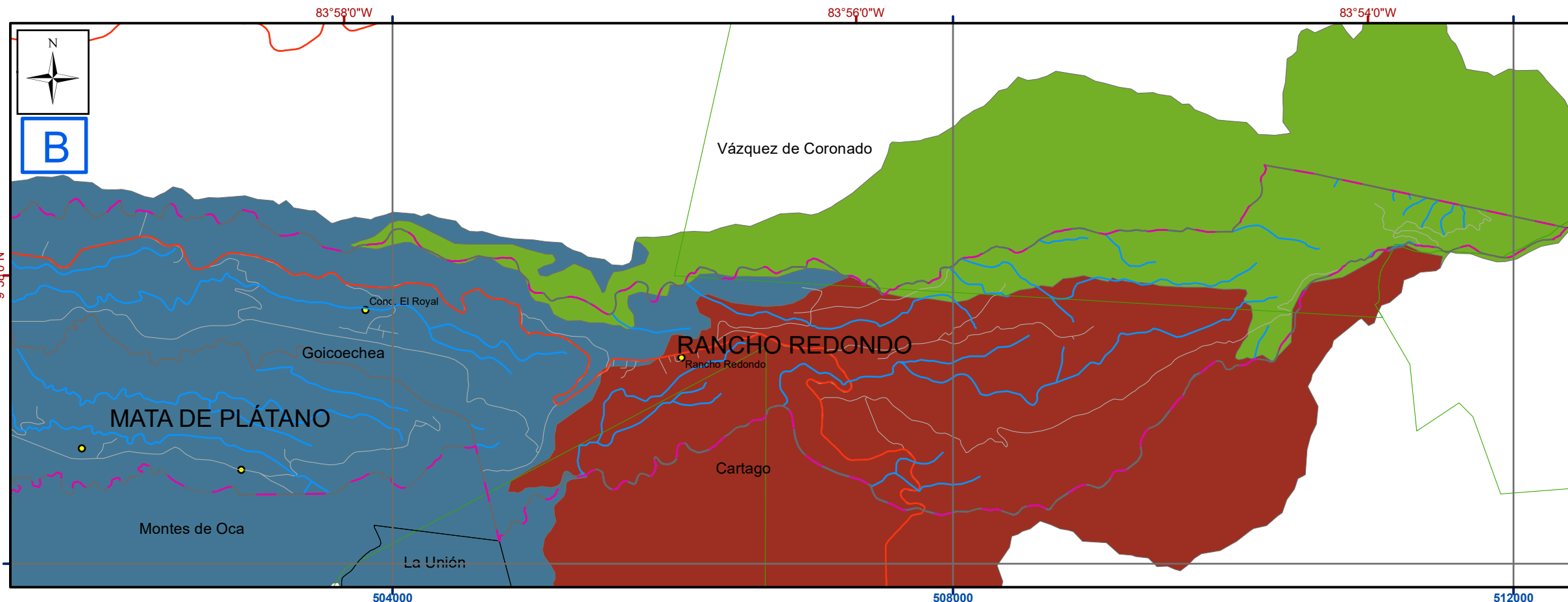
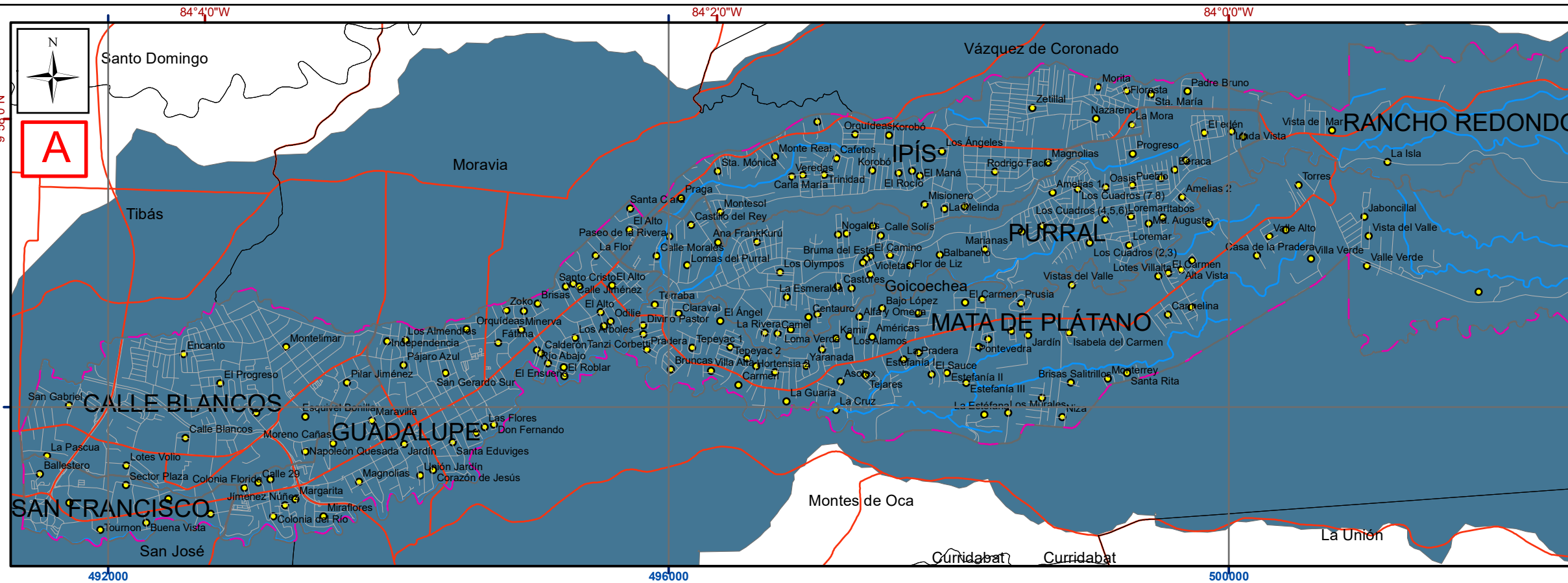
- MONTERO, W., BARAHONA, M., ROJAS, W., TAYLOR, M., 2005: Los sistemas de fallas Agua Caliente y Rio Azul y rellenos compresivos asociados, valle central de Costa Rica. *Rev. Geol. Amér. Central.*, 33:7-27.
- MONTERO, W. (2010). El Terremoto de Cartago del 4 de mayo de 1910: Aspectos sismológicos y neotectónicos. En: G. Peraldo, B. Acevedo (eds.). *Efemérides de la destrucción de Cartago cien años después (1910-2010)* (pp. 37-47). San José: Ediciones Perro Azul.
- PANIAGUA, S., 1975: Geología y aspectos hidrogeológicos generales del primer campo de pozos para el abastecimiento completo del agua del Área metropolitana de San José. – Escuela Centroamericana de Geología. San José, Costa Rica. 39 pág. [Tesis de licenciatura].
- P.PARDO & J. PALOMAR., 2012: Metodología para la caracterización geomorfológica de los barrancos del sur de menorca mediante perfiles transversales. Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría Universidad Politécnica de Valencia.
- PERALDO, G., Y MONTERO, W. ,2010: Sismicidad anterior y posterior a los terremotos del 13 de abril y el 5 de mayo de 1910. En: G. Peraldo, y B. Acevedo (Ed.). *Efemérides de la destrucción de Cartago cien años después (1910-2010)* (pp. 37-47). San José: Ediciones Perro Azul.
- PÉREZ, W., 2000: Vulcanología y petroquímica del evento ignimbrítico del Pleistoceno Medio (0,33 Ma) del Valle Central de Costa Rica.- 170 pág., Univ. Costa Rica, San José [Tesis Lic.].
- PÉREZ, W., ALVARADO, G. & GANS, P., 2006: The 322 ka Tiribí Tuff: Stratigraphy, geochronology and deposition of the largest and most recent ignimbrite in the Valle Cental, C.R.-*Bull. Volcanology*, 69:25-40
- RAMOS, J., 2014: Modelo hidrogeológico conceptual de un sector al sur de la margen izquierda del Río Virilla, San José, Costa Rica.- ECG-UCR. San José, Costa Rica. [Tesis de Licenciatura].
- RODRÍGUEZ, E., LINKIMER, L., Y MONTERO, W.:2019. Neotectónica de la falla Cipreses, Costa Rica. *Boletín de Geología*, 41(2), 15-33. DOI: 10.18273/revbol.v41n2-2019001.
- VAN ZIUDAM, R., 1986: *Aerial Photo-interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. Smits Pub., The Hague, 442 pp.
- WELLS, D. & COPPERSMITH, K., (1994): New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. - *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, 4: 974-1002.
- WILLIAMS, H., 1952: *Volcanic History of the Meseta Central Occidental Costa Rica*. – University of California publications in geological sciences, 29 (4): 145-180.
- ZINCK, J., 2012: *Elementos de geomorfología para studios de suelos y de riesgos naturales*.-123 págs.ITC, Faculty of Geo-Information. Sicencie and Earth Observation, Enschede, The Netherlands.



Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- ┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Geológico

Formación

- ▭ Lahares y cenizas
- ▭ Reventado
- ▭ Sapper

Mapa 1.1-1. Geoaptitud. Factor litopetrofísico. Geología del cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

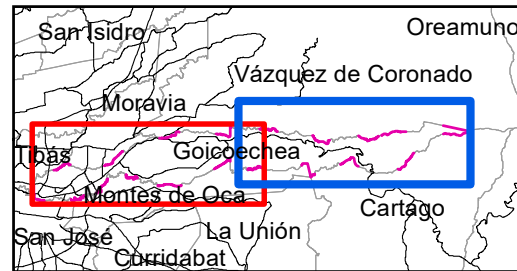
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

Transversal Mercator 05 (CRTM05)

Coordenadas geográficas



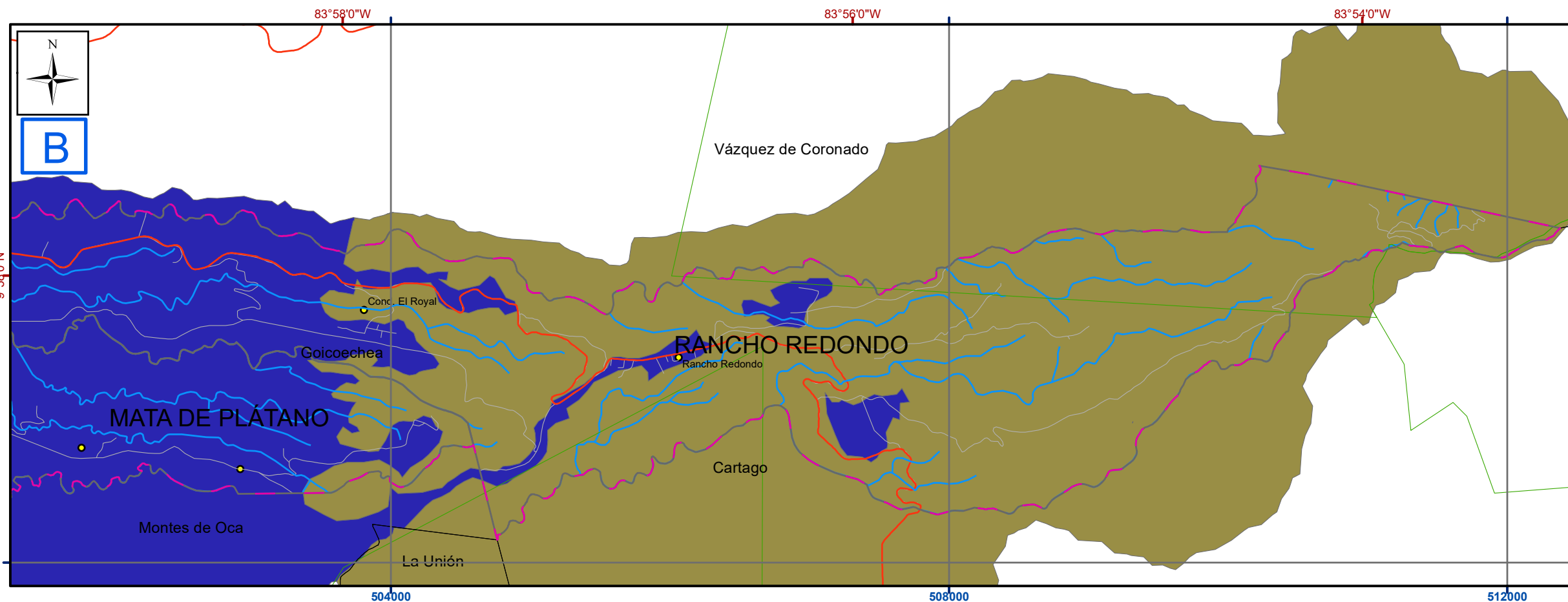
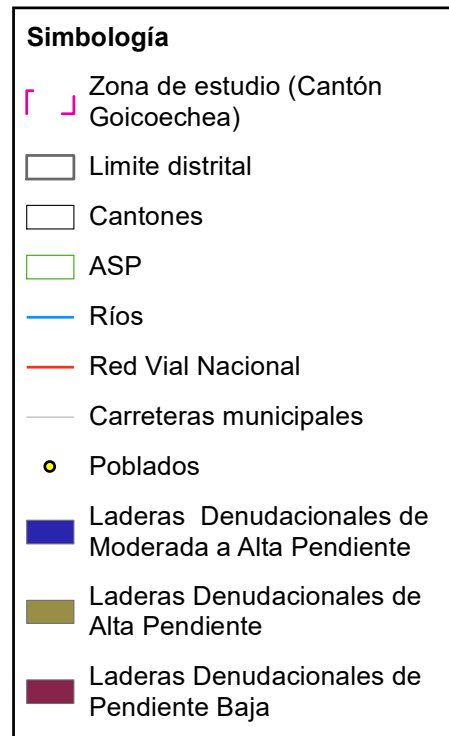
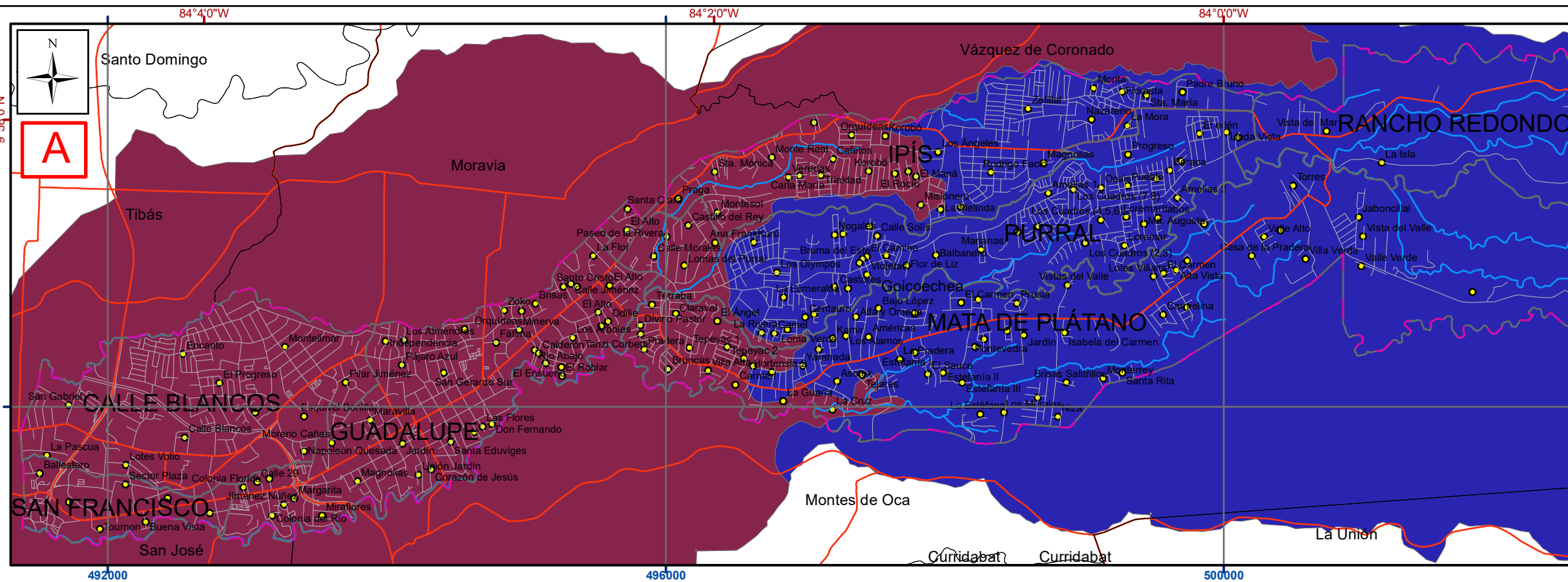


Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



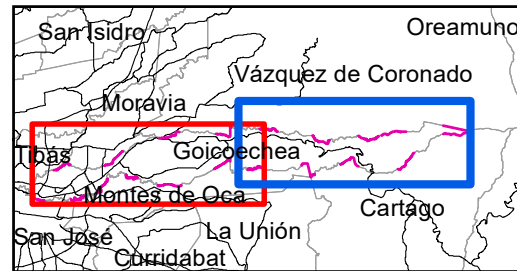
Mapa 1.1-2. Geoaptitud. Factor litopetrofísico. Geomorfología en el cantón de Goicoechea

Plan Regulador Cantonal de Goicoechea - Estudio Hidrogeológico (2020)

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

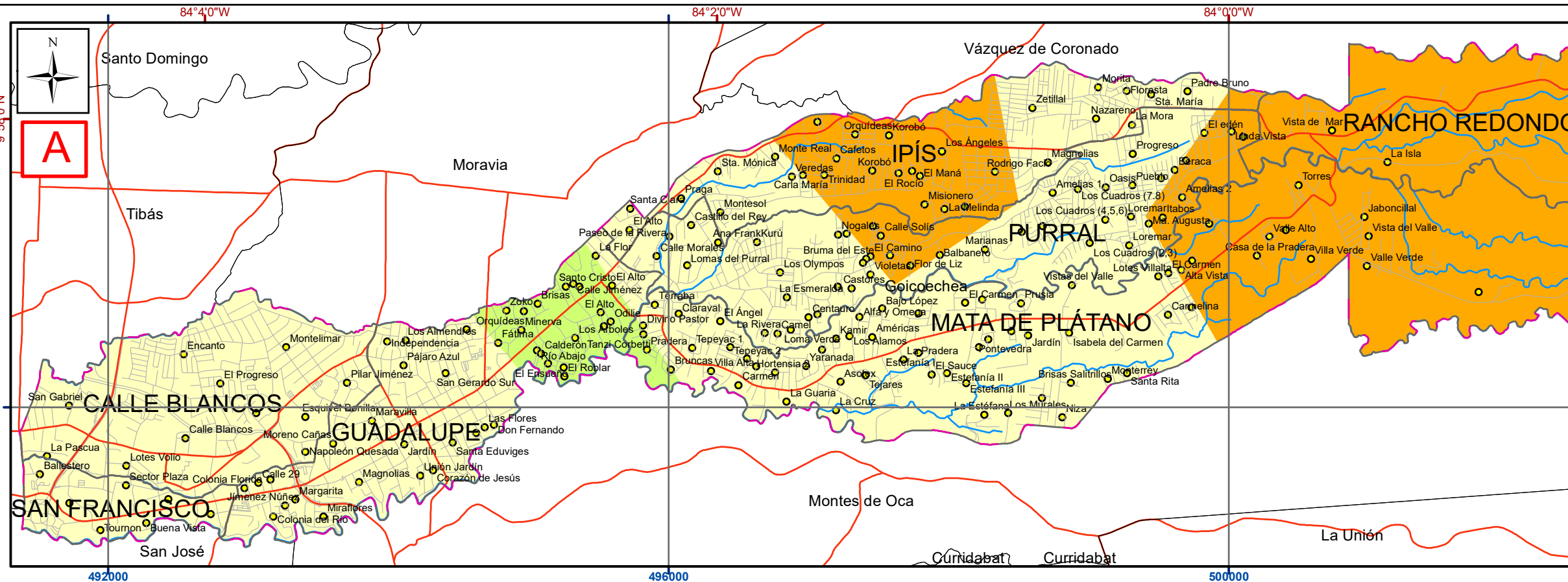




Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

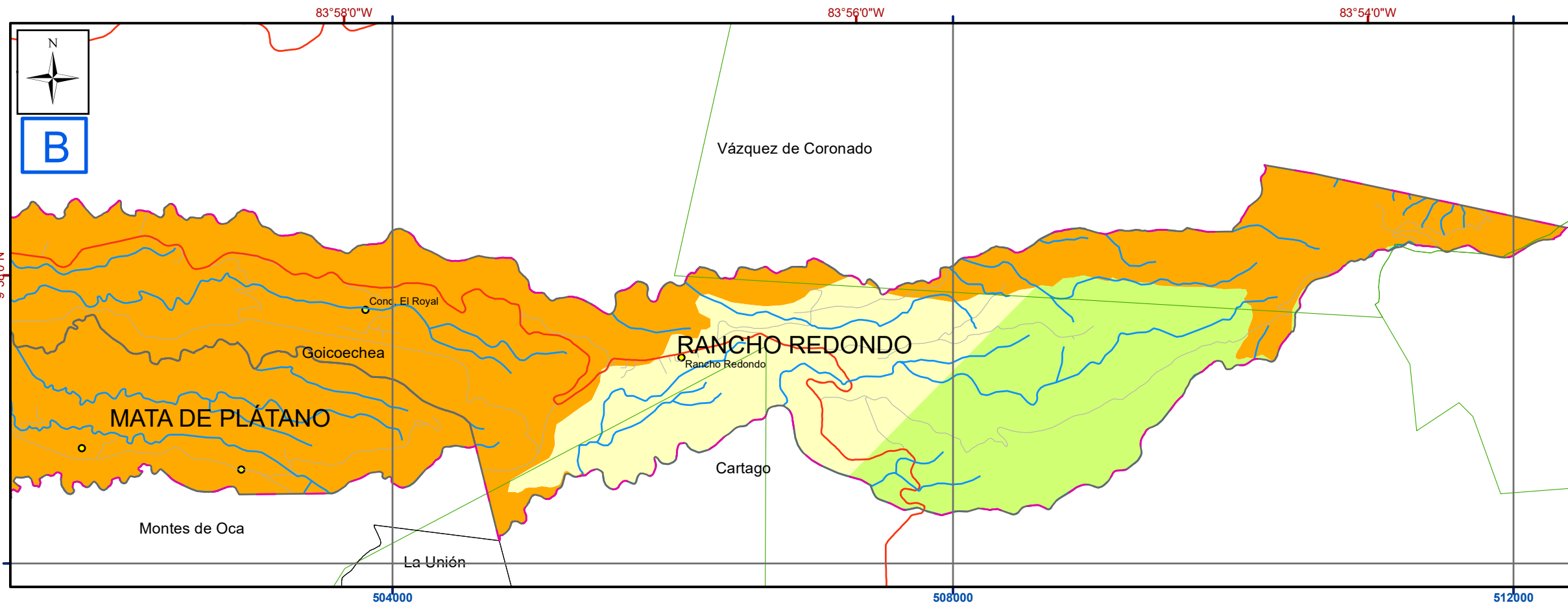


Simbología

- [] Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- ▬ Ríos
- ▬ Red Vial Nacional
- ▬ Carreteras municipales
- Poblados

Dureza

- 2 (Orange)
- 3 (Yellow)
- 4 (Light Green)



Mapa 1.1-3. Geoaptitud. Factor litopetrofísico. Dureza del suelo en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

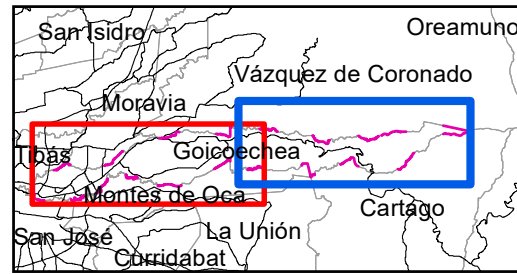
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

Transversal Mercator 05 (CRTM05)

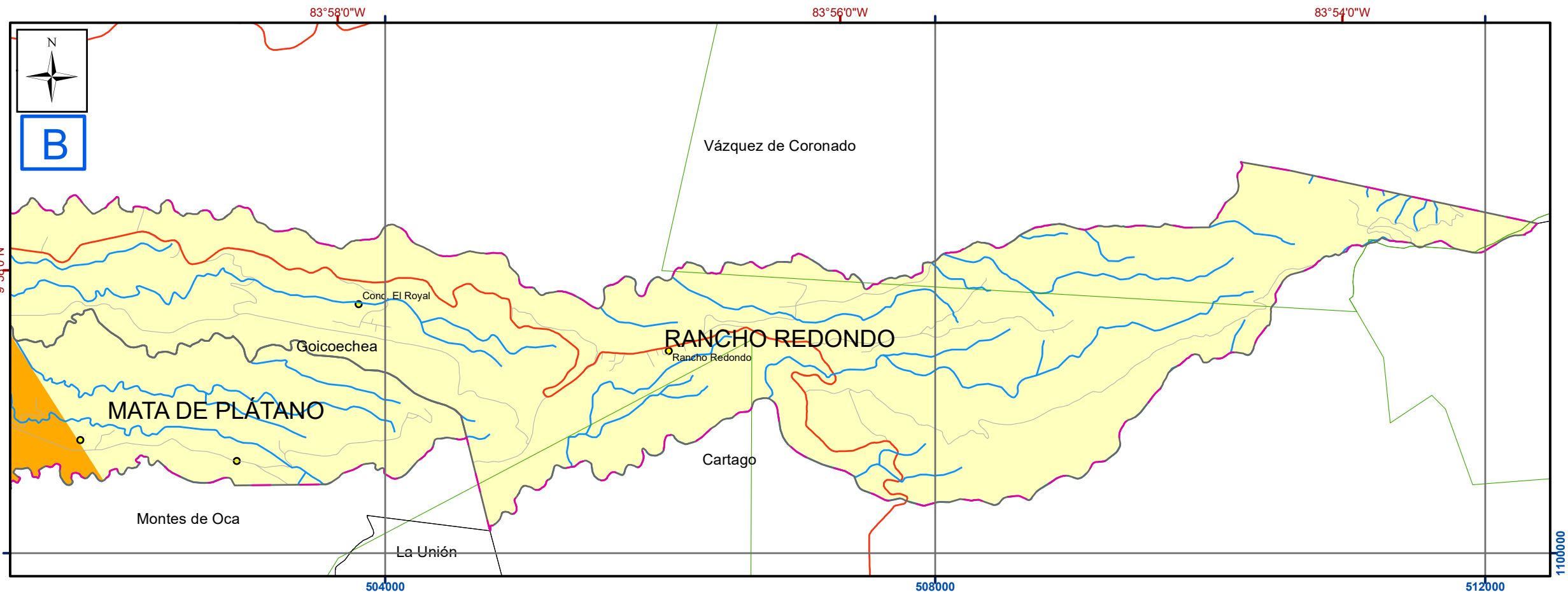
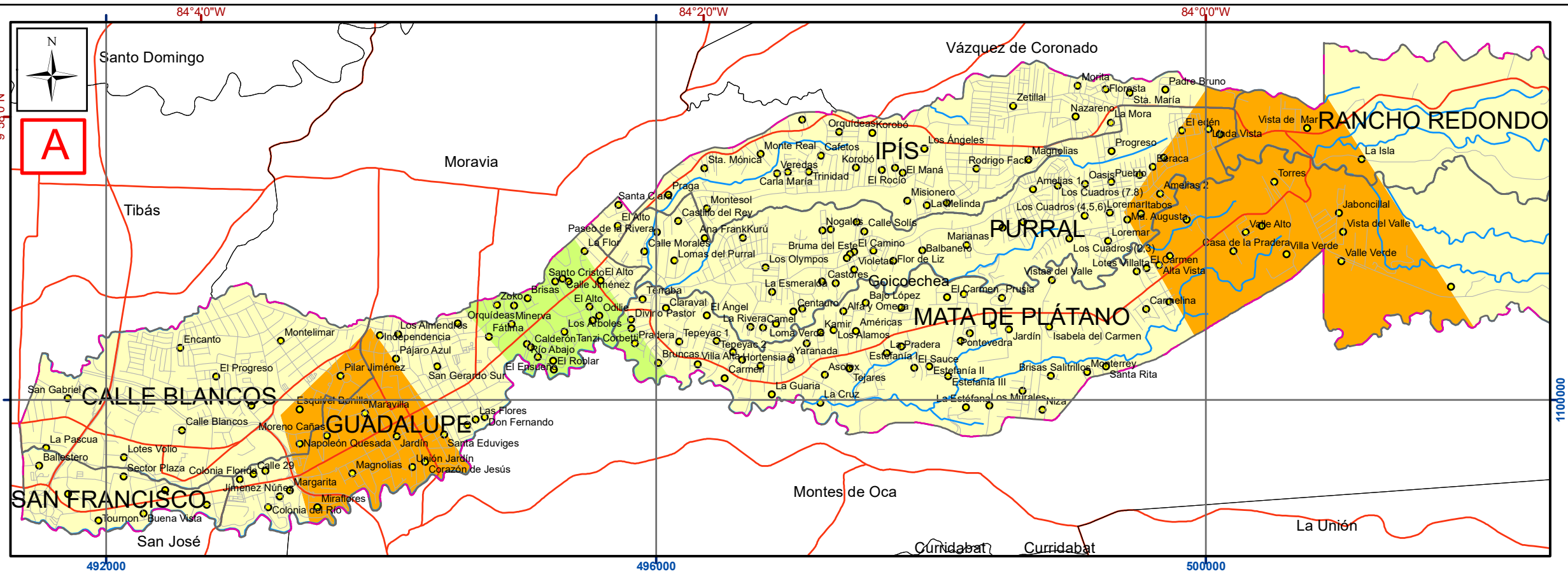
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

▭ Limite distrital

▭ Cantones

▭ ASP

▬ Ríos

▬ Red Vial Nacional

▬ Carreteras municipales

● Poblados

IFA

■ 2

■ 3

■ 4

Mapa 1.1-4. Geoaptitud. Factor litopetrofísico. Cohesión del suelo en el cantón de Goicoechea

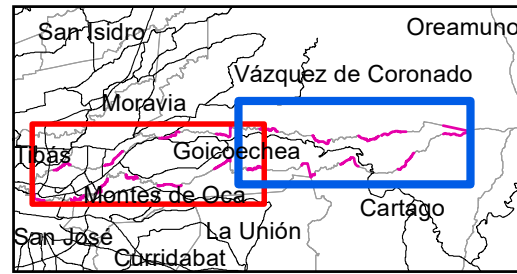
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas

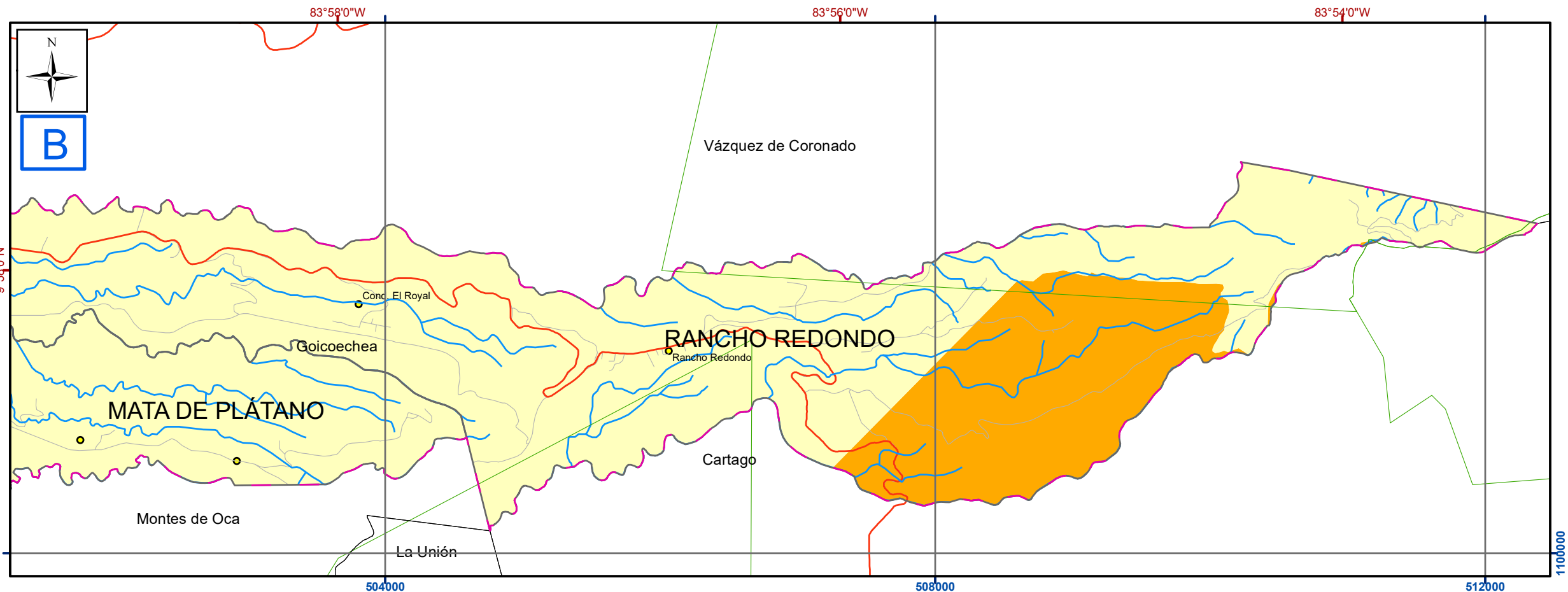
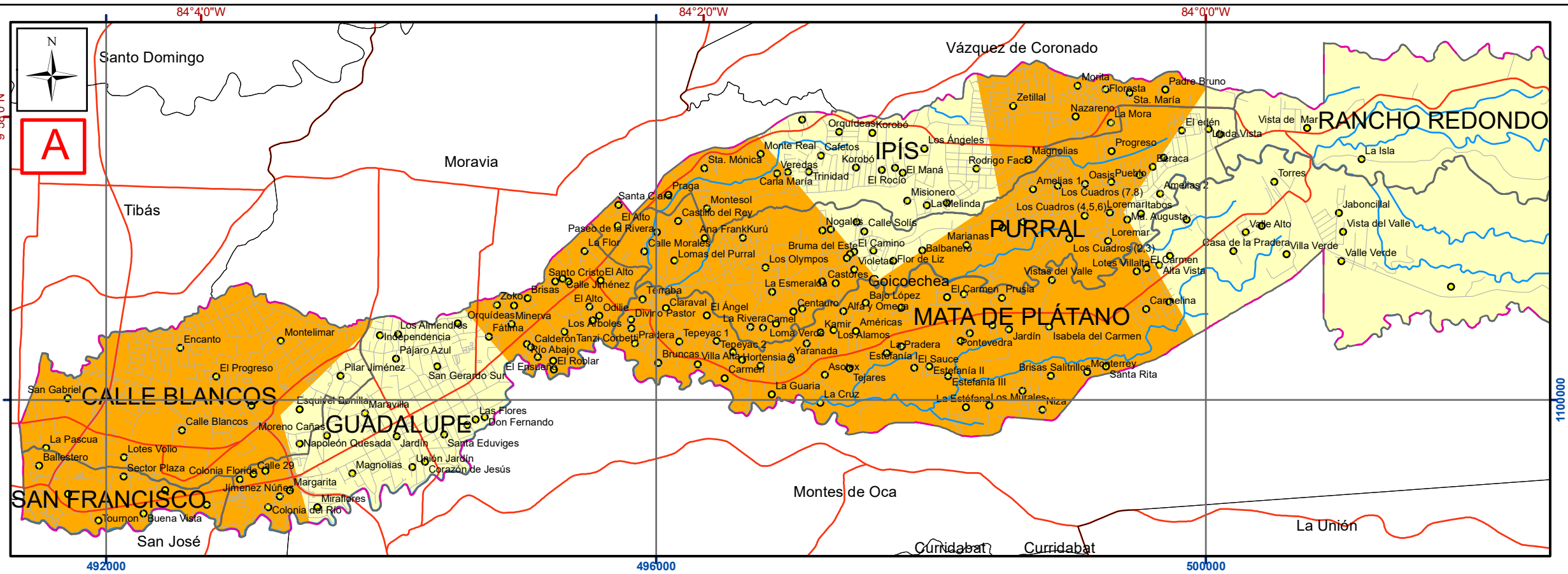




Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- ┌ └ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Lineación

- 2
- 3

Mapa 1.1-5. Geoaptitud. Litopetrofísico. Factor lineación en el cantón de Goicoechea

Plan Regulador Cantonal de Goicoechea - Estudio Hidrogeológico (2020)

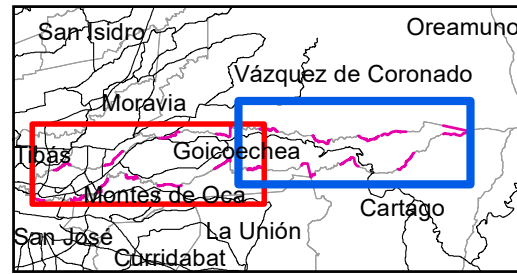
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

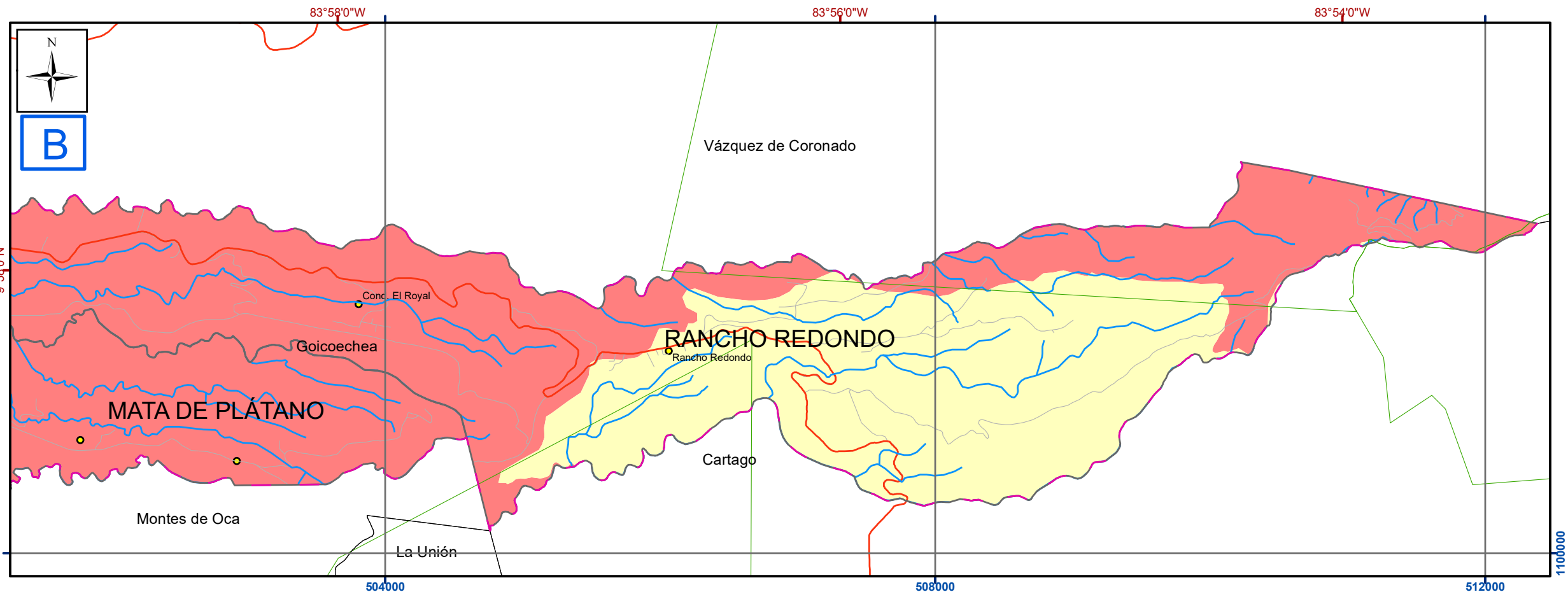
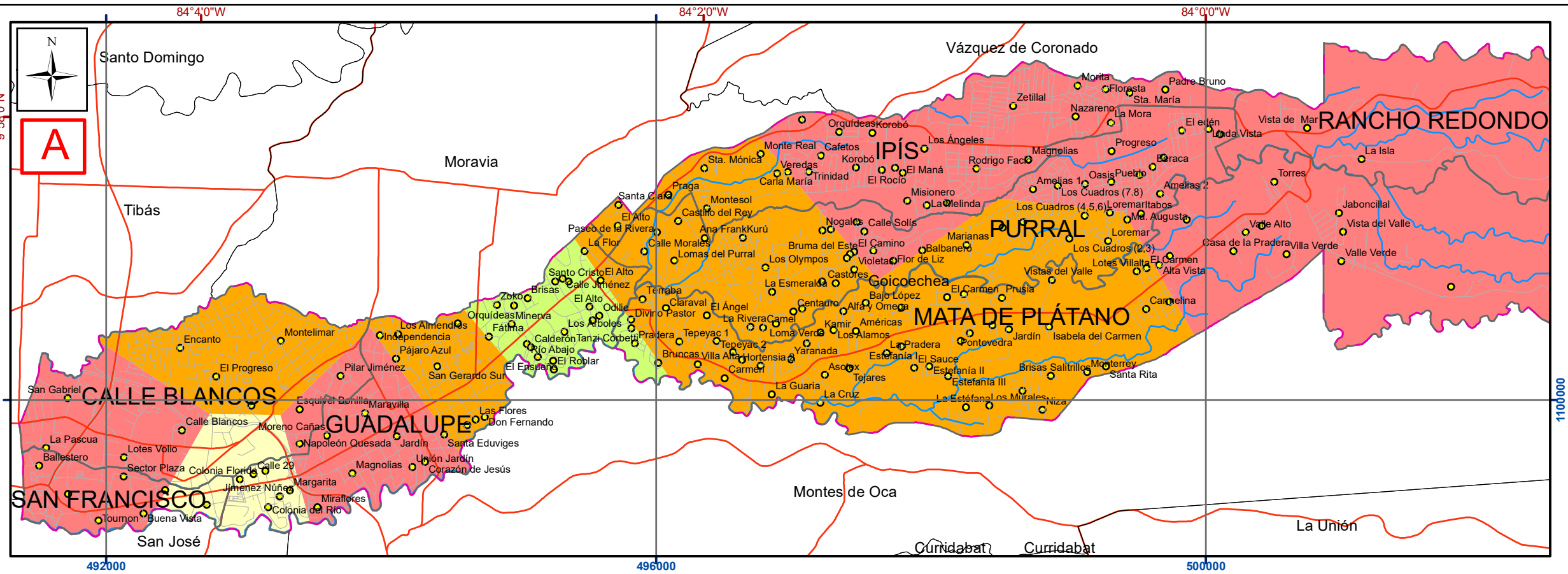
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Meteorizac

- 1
- 2
- 3
- 4

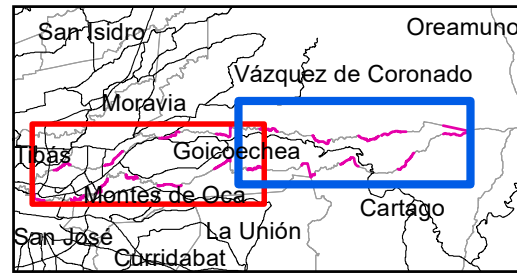
Mapa 1.1-6. Geoaptitud. Litopetrofísico. Meteorización del suelo en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020. Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

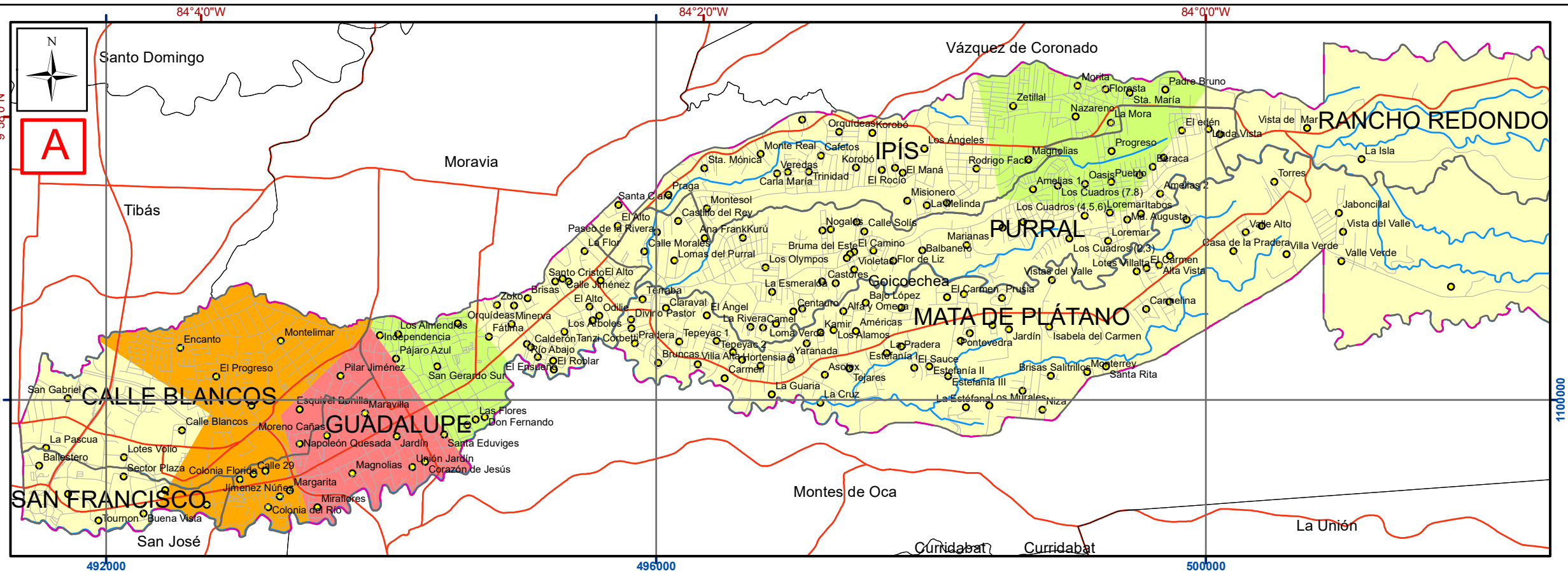
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



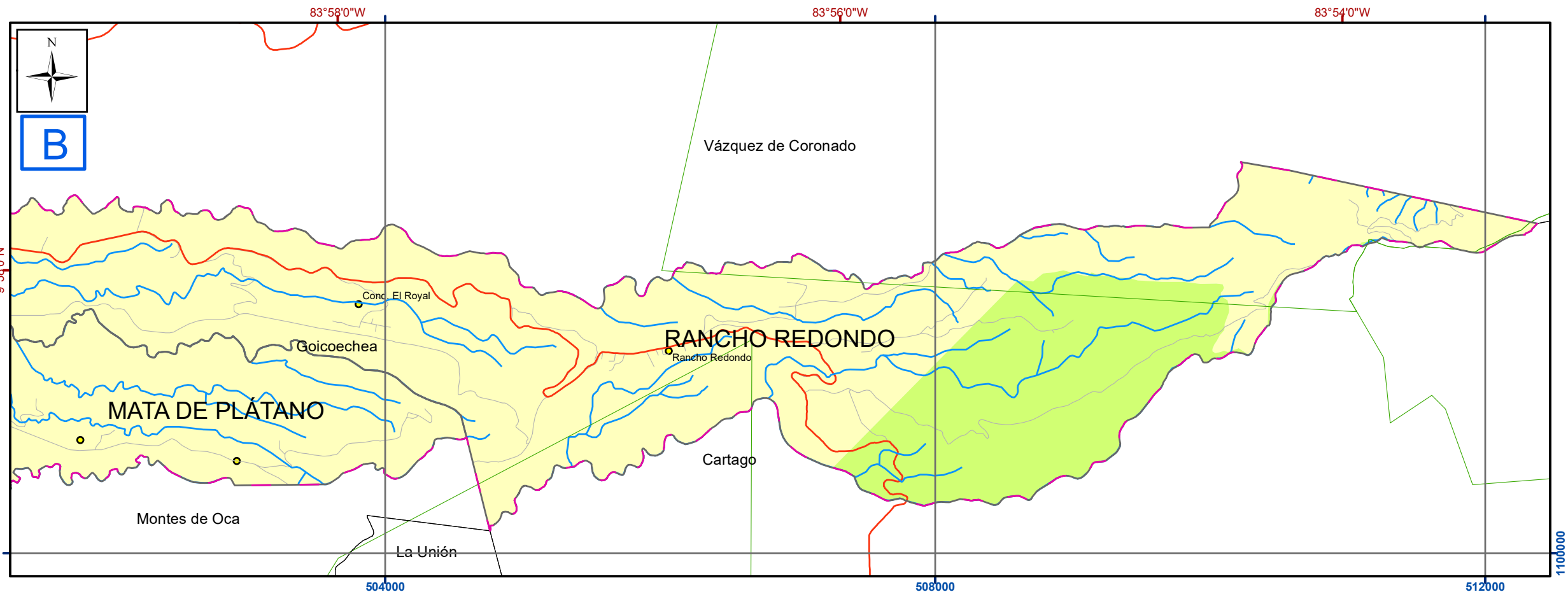


Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



- Simbología**
- ┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - ▭ Limite distrital
 - ▭ Cantones
 - ▭ ASP
 - ▬ Ríos
 - ▬ Red Vial Nacional
 - ▬ Carreteras municipales
 - Poblados
- Espesor de Suelo**
- 1
 - 2
 - 3
 - 4



Mapa 1.1-7. Geoaptitud. Factor litopetrofísico. Espesor del suelo en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

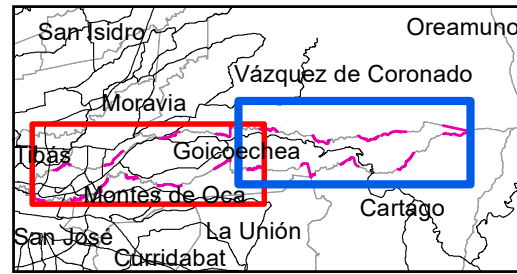
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

Transversal Mercator 05 (CRTM05)

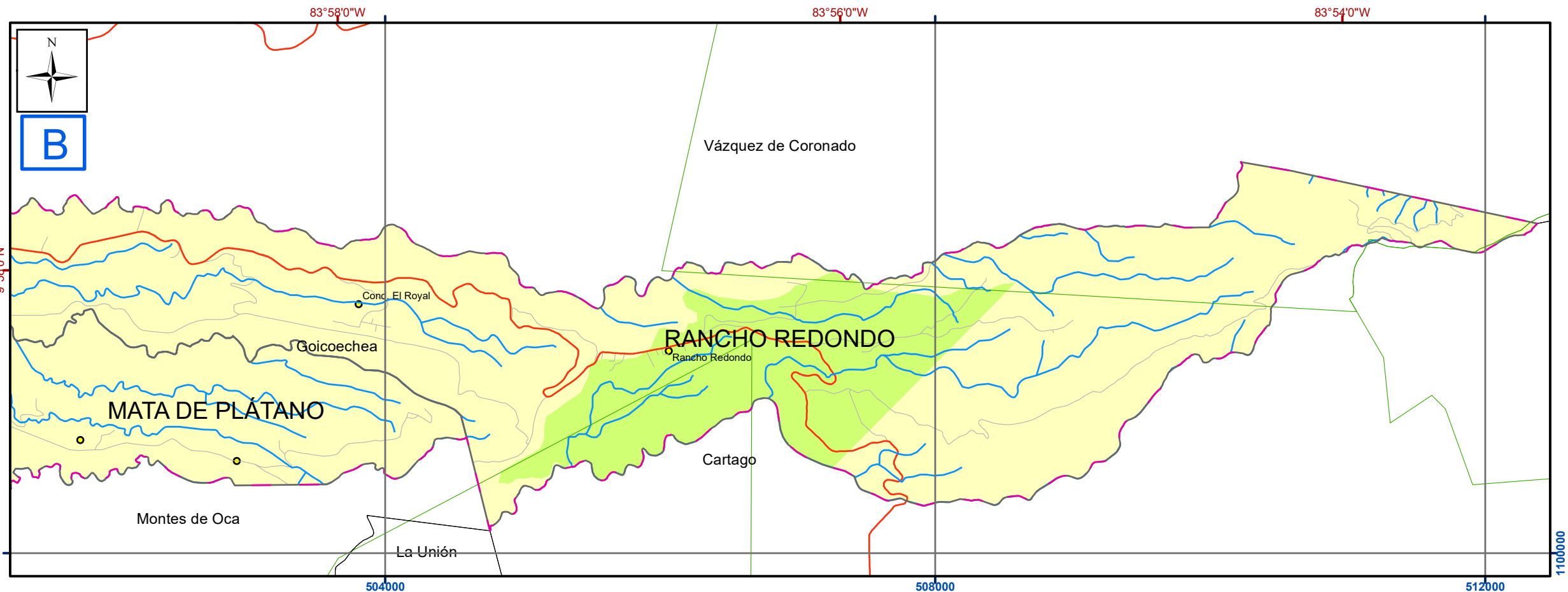
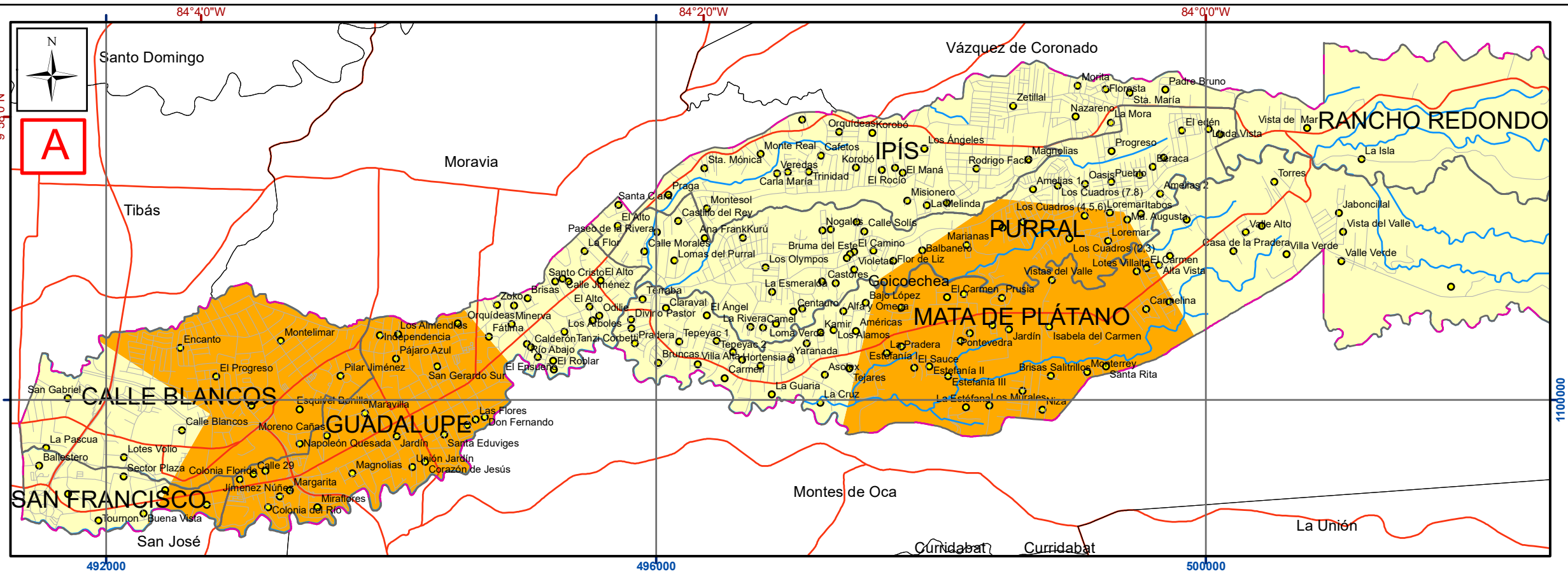
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

▭ Limite distrital

▭ Cantones

▭ ASP

▬ Ríos

▬ Red Vial Nacional

▬ Carreteras municipales

● Poblados

Arcilla

■ 2

■ 3

■ 4

Mapa 1.1-8. Geoaptitud. Factor litopetrofísico. Contenido de arcilla del suelo en el cantón de Goicoechea

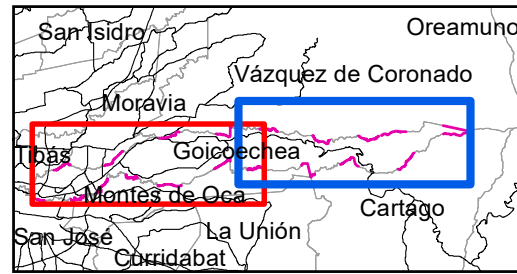
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

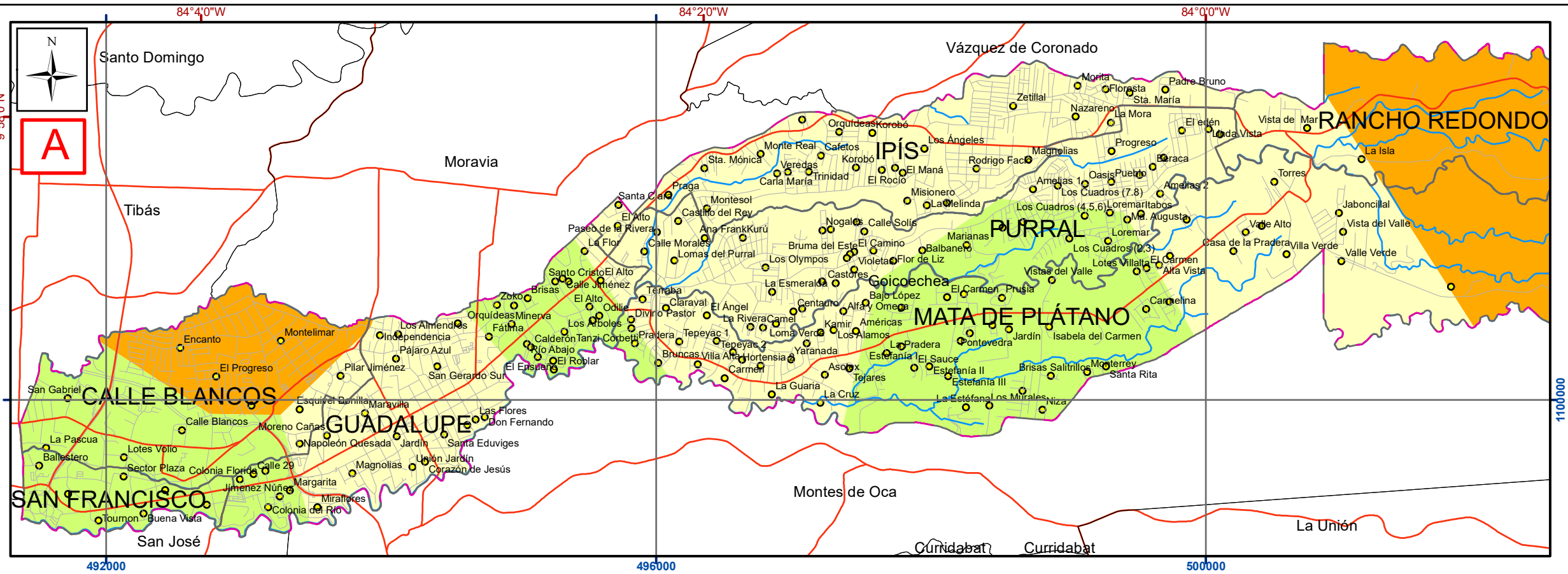
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



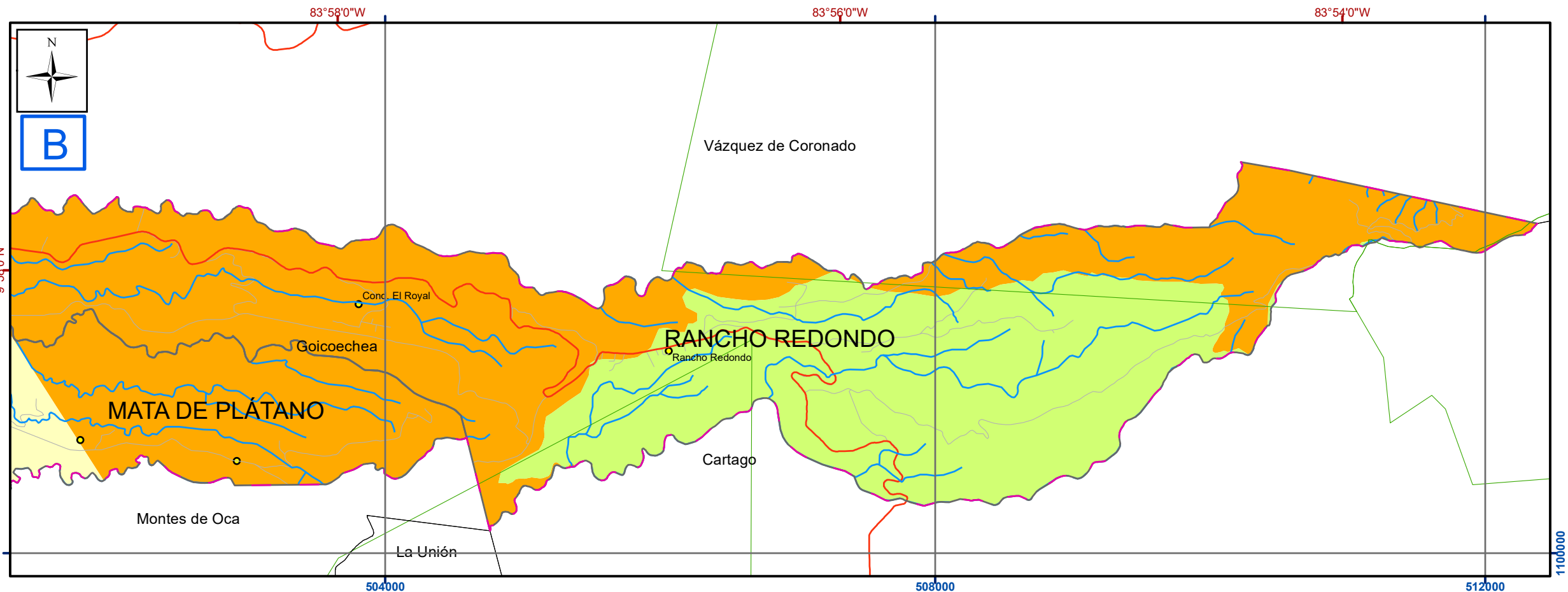


Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



- Simbología**
- [] Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - ▭ Limite distrital
 - ▭ Cantones
 - ▭ ASP
 - ▬ Ríos
 - ▬ Red Vial Nacional
 - ▬ Carreteras municipales
 - Poblados
- Porocidad**
- 2
 - 3
 - 4



Mapa 1.1-9. Geoaptitud. Factor litopetrofísico. Permeabilidad del suelo en el cantón de Goicoechea

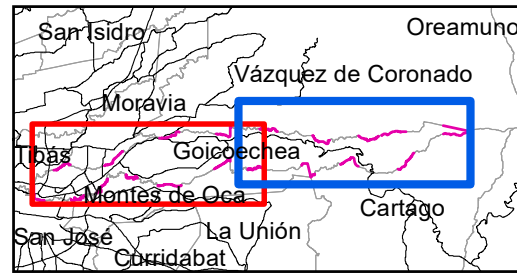
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas

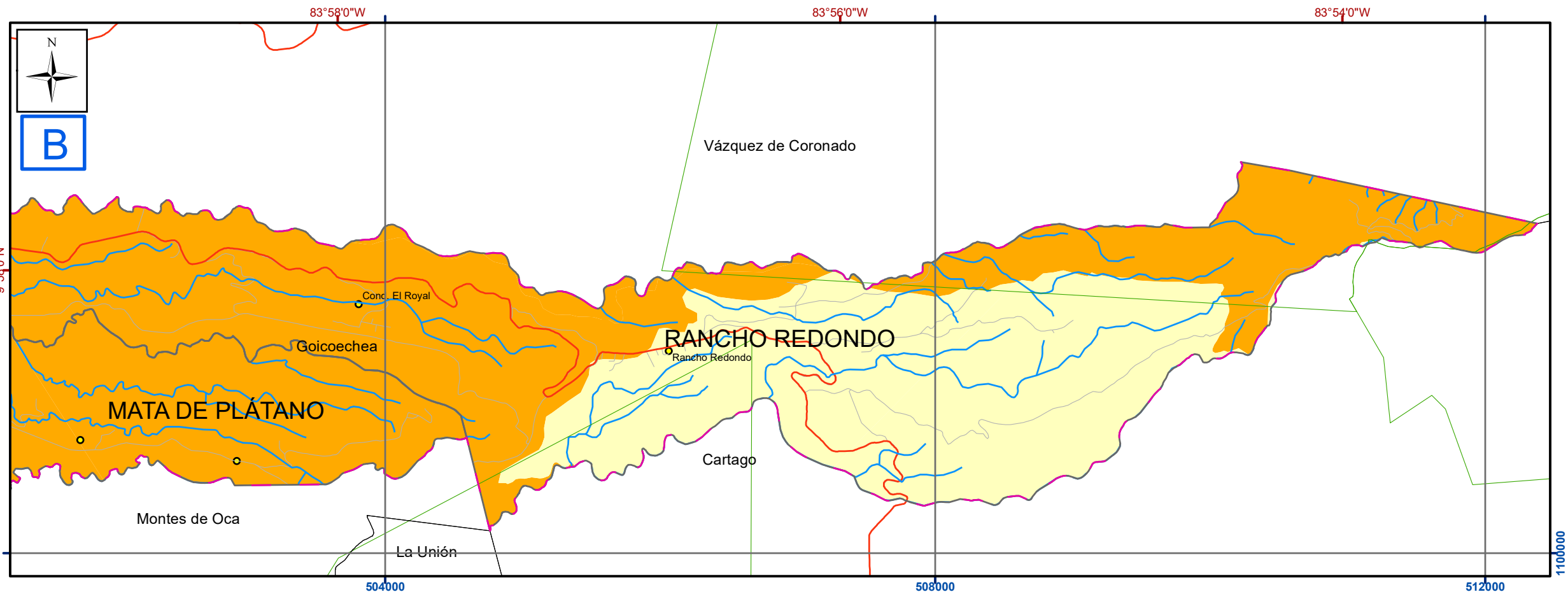
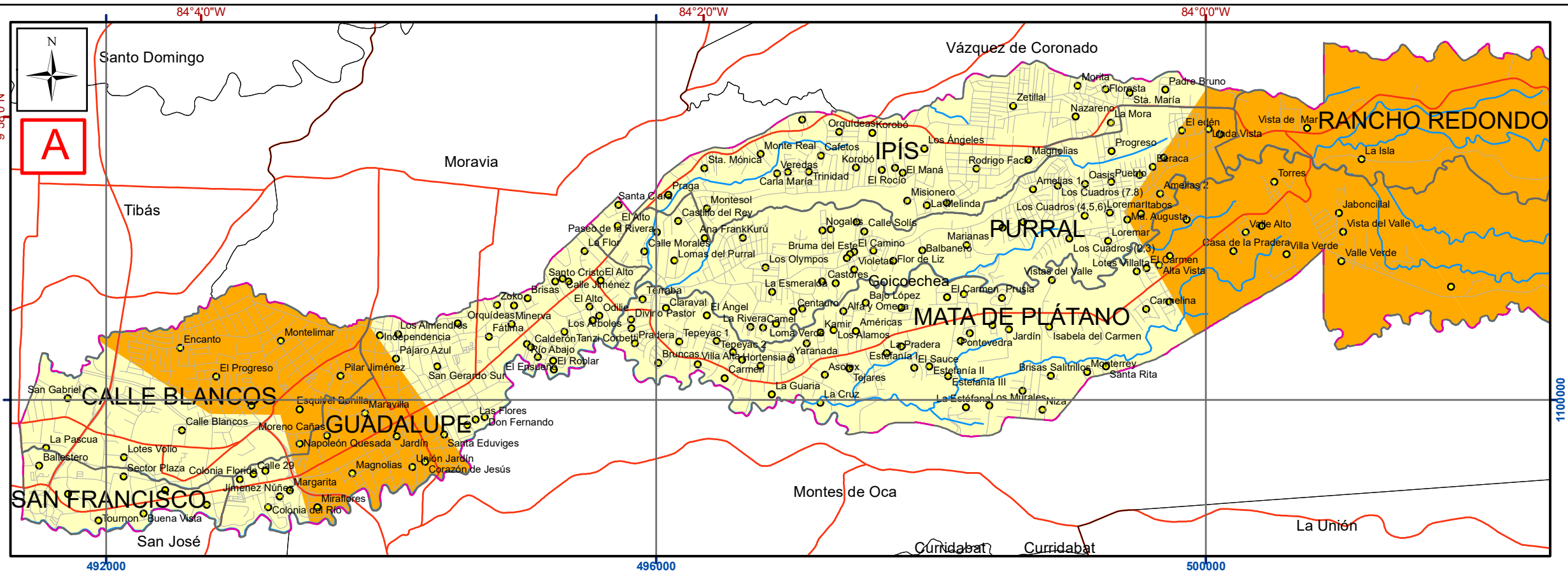




Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA_Litope

- 2
- 3

Mapa 1.1-10. Geoaptitud. Factor litopetrofísico integrado. Cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



1.2. Factor geodinámica externa

Este factor contempla variables que rigen el comportamiento geomorfológico y los procesos que modifican la superficie terrestre. De acuerdo con el Decreto, las variables que explican este comportamiento son las siguientes:

- Pendiente (%)
- Relieve relativo
- Densidad de drenaje (km/km²)
- Importancia de los procesos de erosión (%/km²)
- Importancia de los procesos de sedimentación (%/km²)

El diagrama sobre el cálculo de este factor no presenta información contextual y las unidades de estudio para cada variable son de diferente extensión en cada una. Las variables de pendiente, relieve relativo y densidad de drenaje se calculan mediante las herramientas que ofrece el sistema de información geográfico utilizado, mientras que las variables de erosión y sedimentación se definen según la información de las unidades geomorfológicas.

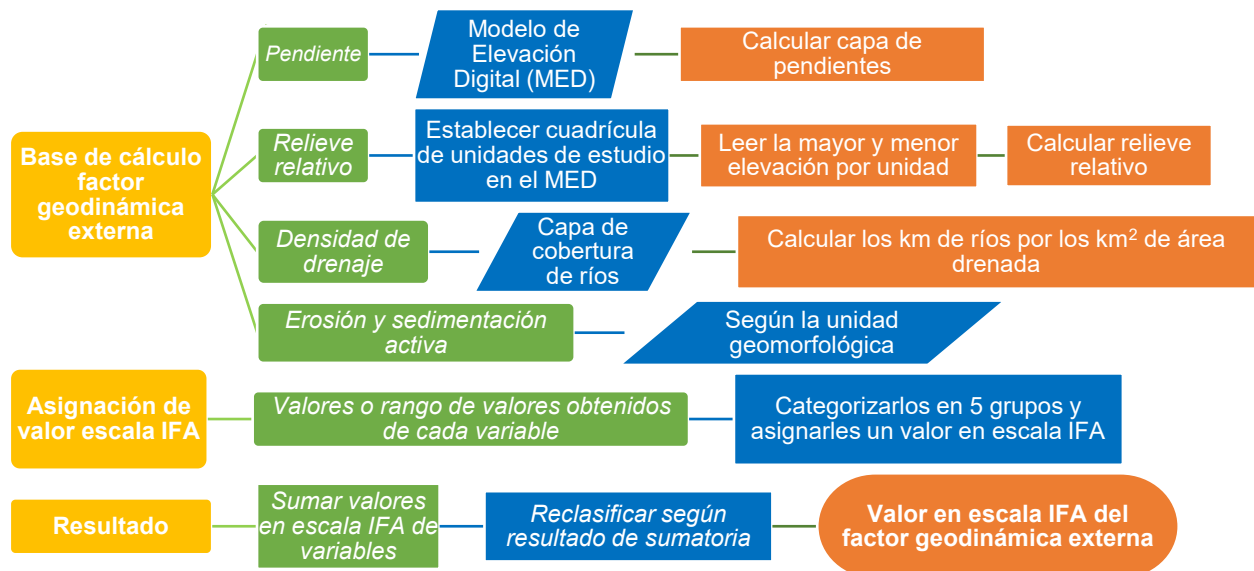


Figura 1-7. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor geodinámica externa

1.2.1. Pendientes

El parámetro de pendiente se estima a partir de un modelo de elevación digital (MED) generado con curvas de nivel. Para el cantón de Goicoechea se utilizaron las curvas oficiales a escala 1:25000 para generar celdas cada 10 m. A partir del MED se calculan las pendientes, analizando para cada celda,

la elevación de sus ocho celdas vecinas para determinar la máxima diferencia de altura y así la máxima pendiente. Las pendientes se agrupan como se indica en el Decreto. En el siguiente cuadro se muestra la agrupación final de pendientes y su respectivo valor IFA.

Tabla 1-7. Valor y rango del subfactor de pendiente

Rango de pendiente (%)	>60	30-60	15-30	8-15	0-8
Valor subfactor IFA	1	2	3	4	5

Fuente: Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)

Una vez generado el mapa, se procede a simplificar y limpiar el mapa de áreas muy pequeñas para luego vectorizarlo para las superposiciones siguientes. En el Mapa 1.2-1 se muestran los resultados de esta variable.

Relieve relativo

Para generar el mapa de relieve relativo se creó una cuadrícula de 250 m x 250 m para calcular luego la elevación máxima y mínima en cada cuadro. Con los valores de relieve relativo para cada punto en el centro de los cuadros se procede a interpolar la superficie de relieve relativo a toda el área de estudio.

Como la metodología no propone valores para las categorías de relieve relativo, se realizó una revisión bibliográfica para poder proponer en conjunto con la valoración de los datos observados las categorías para dicha variable. El estudio de Smith (1935) propone intervalos de 100 ft (aproximadamente 30 m) pero tiene más de 5 categorías. Por otro lado, el estudio de Nir (1957) propuso intervalos de 50 m para las categorías de relieve relativo. Otro estudio de Oguchi (1997) propuso también intervalos de 50 m para esta variable. Finalmente, el último estudio referenciado de Schulze y Horan (2007) propuso intervalos de 10 m, aunque no usaron la definición tradicional del relieve relativo sino más bien la de desviación estándar de la elevación.

Ahora bien, la celda original de estudio era de 250 m de lado, por lo tanto, se puede considerar esa dimensión como una distancia apropiada para calcular la pendiente promedio del relieve. Si se toma una diferencia de elevación de 25 m, entonces la pendiente promedio sería 10%. Si se toma una diferencia de elevación de 50 m, entonces la pendiente sería de 20%; y de 75 m, la pendiente sería de 30%. Por lo anterior, se considera que intervalos de 25 m son apropiados para clasificar el relieve relativo de Goicoechea.

Tabla 1-8. Valor y rango del subfactor de relieve relativo

Rango de relieve relativo (m)	> 100	100 - 75	75 - 50	50 - 25	25 - 0
Valor subfactor IFA	1	2	3	4	5

Fuente: Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)

El Mapa 1.2-2 muestra los resultados del cálculo para el relieve relativo.

1.2.2. Densidad de drenaje

Esta variable determina la capacidad de drenaje de la zona e indirectamente ayuda a estimar cuál es el efecto erosivo al que puede estar expuesto el sitio, reflejado en la presencia del agua que escurre hacia los ríos que atraviesan el cantón; entonces, si la densidad de drenaje es alta, significa que el recorrido del agua que escurre será menor, por lo tanto, el efecto erosivo es menor. El efecto contrario sucede en caso de una densidad de drenaje más baja. Los rangos de valores para esta variable se determinan según el Decreto y se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1-9. Valor y rango del subfactor de densidad de drenaje

Densidad de drenaje (Km/Km ²)	0 - 2	2 - 6	6 - 10	10 - 14	> 14
Valor subfactor IFA	1	2	3	4	5

Fuente: Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)

Esta variable se utiliza comúnmente para analizar cuencas con el afán de determinar su comportamiento y normalizar los patrones de escorrentía. Para su estimación, se hicieron operaciones con la información disponible; esto para calcular cada una de las subcuencas y luego para calcular los drenajes, siguiendo la metodología propuesta inicialmente por Horton (1932, 1945). Se incluyen solo los cauces permanentes ya que el utilizar éstos es más conservador desde el punto de vista de la fragilidad ambiental, pues a menor densidad mayor es el efecto erosivo del agua superficial.

El Mapa 1.2-3 presenta el resultado de la estimación de esta variable por subcuenca utilizando los drenajes obtenidos.

1.2.3. Procesos de sedimentación y erosión

Con respecto a esta variable se realizó un análisis y caracterización cualitativo/cuantitativo con el fin de determinar cuál proceso tiene dominancia en un sector dado del cantón de Goicoechea. Para esto se tomó como base el mapa geomorfológico y el análisis del origen o predominancia del proceso erosión/ sedimentación para cada unidad geomorfológica y que se incluye en la descripción del mapa geomorfológico local. Además, a cada unidad geomorfológica se le realizó un análisis cualitativo de los procesos de erosión presentes en la misma con el fin de determinar su grado de dominancia, esto con base a los criterios indicados por (Basile, 2000), siendo así para unidades geomorfológicas en donde predominan procesos de erosión intensa, una zona de erosión alta, mientras que sectores en donde predominan erosiones de tipo laminar y por la génesis de la unidad geomorfológica se da una predominancia de sedimentaciones alta, así, para sectores en donde se presenta una erosión equilibrada se ha ajustado un criterio de moderada.

Otro factor a tomar en cuenta para la clasificación del grado sedimentación/ erosión ha sido la pendiente del suelo. Ésta se ha clasificado de acuerdo con los criterios dados por Mora et al. (2002)

como parte de la metodología Mora-Varshon-Mora. Este factor ayuda a definir las diferencias entre factores altos y muy altos o bajos y muy bajos.

Como resultado de este análisis, para la unidad geomorfológica de alta pendiente se ha asignado la predominancia de los procesos de erosión, por lo que se le ha asignado un valor de tipo alto, sin llegar a ser muy alta, debido a que no se han observado indicios de deslizamientos en la zona.

Para sectores de pendiente baja en donde predominan erosiones de tipo laminar y por la génesis de la unidad geomorfológica de baja pendiente se ha asignado una predominancia de los procesos de sedimentación de tipo alto sin llegar a ser muy altas debido a la ausencia de depósitos como terrazas, aluviones o abanicos aluviales.

Finalmente, para la unidad de pendientes moderadas en donde se presenta un proceso de erosión y sedimentación equilibrado, se ha asignado un parámetro de tipo moderado.

Las siguientes tablas resumen los criterios cualitativos y cuantitativos considerados durante la elaboración del mapa de procesos de sedimentación/ erosión y que han sido aplicados para cada unidad geomorfológica presente en el cantón.

Tabla 1-10. Clasificación para criterio valor IFA sedimentación

Valor IFA sedimentación	1	2	3	4	5
	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Génesis de la Unidad Geomorfológica (Ulate, 2010)	Formas con predominio de sedimentación (llanuras, terrazas, depresiones)		La poca longitud e inclinación de sus pendientes, que dan lugar a acumulaciones de pie de monte (colinas, coluvios, taludes, pie de montes)	Formas con predominio a la erosión (montañas)	
Tipificación del Grado de Erosión (Basile, 2000)	Superficial (laminar, surcos, cárcavas)		Erosión en lechos y márgenes	Flujos de detritos en masa, deslizamientos	
Pendiente Grados clasificación Mora et al. (2002)	Menor a 4	8 a 4	8 a 16	16 a 35	Mayor a 35

Tabla 1-11. Clasificación para criterio valor IFA erosión

Valor IFA erosión	1	2	3	4	5
	Muy Alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy Bajo
Génesis de la Unidad Geomorfológica (Ulate, 2010)	Formas con predominio a la erosión (montañas)		La poca longitud e inclinación de sus pendientes, que dan lugar a acumulaciones de pie de monte (colinas, coluvios, taludes, pie de montes)	Formas con predominio de sedimentación (llanuras, terrazas, depresiones)	
Tipificación del Grado de Erosión (Basile, 2000)	Flujos de detritos en masa, deslizamientos		Erosión en lechos y márgenes	Superficial (laminar, surcos, cárcavas)	
Pendiente Grados clasificación Mora et al. (2002)	Mayor a 35	35 a 16	16 a 8	8 a 4	menor a 4

El Mapa 1.2-4 presenta el resultado de la estimación de la variable IFA de Erosión mientras que el Mapa 1.2-5 presentan la estimación de la variable IFA de Sedimentación.

1.2.4. Factor geodinámica externa integrado

El factor de geodinámica externa se calcula como una suma de las cinco variables que lo componen y el resultado de la sumatoria se reagrupa con base en los cinco grupos de valoración IFA.

Como se menciona en la sección introductoria de este documento, la sumatoria y reclasificación se ajusta a lo señalado en el Decreto y específicamente para este factor, al reunir cinco variables, el valor máximo obtenible es de 25; por lo tanto, la reclasificación de la sumatoria se muestra en la siguiente tabla, donde al realizarse la integración numérica de esta manera cada variable tiene el mismo peso en la generación del resultado. En el **Error! Reference source not found.** se muestran los resultados del IFA geodinámica externa integrado

Tabla 1-12. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor geodinámica externa

Sumatoria de las 5 variables	Categoría	Valor reclasificado
5 – 9	Muy Alto	1
10-13	Alto	2
14-17	Moderado	3
18-21	Bajo	4
22-25	Muy Bajo	5

Limitaciones y potencialidades técnicas

A continuación, se presenta un resumen de las principales limitaciones y potencialidades de este factor, las cuales se desprenden de la representación de las variables y las interacciones que se dan entre ellas. Las limitaciones y potencialidades están asociadas únicamente al conjunto de variables que forman parte de este factor.

Tabla 1-13. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor geodinámica externa

IFA	Limitaciones	Potencialidades
2	Importantes limitaciones al desarrollo antrópico por pendientes, erosión, sedimentación o una combinación de éstas.	Esta zona es apta para el uso ecoturístico y de recreación, investigación y conservación. También, son tierras aptas para pastos en pendientes intermedias y para el manejo de bosque natural o regeneración del mismo.
3	Desarrollo de actividades humanas controlado particularmente en las zonas de pendiente media.	Mayor compatibilidad con el desarrollo de actividades humanas debido a que son zonas de baja pendiente. Amplio espectro de posibilidades donde la pendiente determina el grado de intervención que podría permitirse.
4	Desarrollo de actividades humanas sin limitaciones importantes	Potencial de desarrollo urbano de mediana y alta densidad.

Certidumbres técnicas

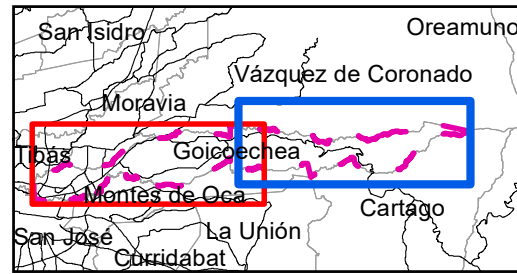
La Tabla 1-14 muestra la estimación de las certidumbres técnicas para este factor. El peso otorgado para cada variable analizada se da en función del criterio de experto. La sumatoria fue de 141, lo cual indica un grado de certidumbre muy alto.

Tabla 1-14. Certidumbres técnicas del factor geodinámica externa

Criterios y su peso	Valores				
	Muy alto (5)	Alto (4)	Moderado (3)	Bajo (2)	Muy bajo (1)
Categorías de pendiente (10)	50				
Relieve relativo (5)	25				
Densidad de drenaje (4)		16			
Áreas de erosión activa (6)	30				
Áreas de sedimentación activa (4)	20				
Sumatoria	125	16	0	0	0
Resultado final	145 - 122	121 - 99	98 - 76	75 - 53	52 - 29

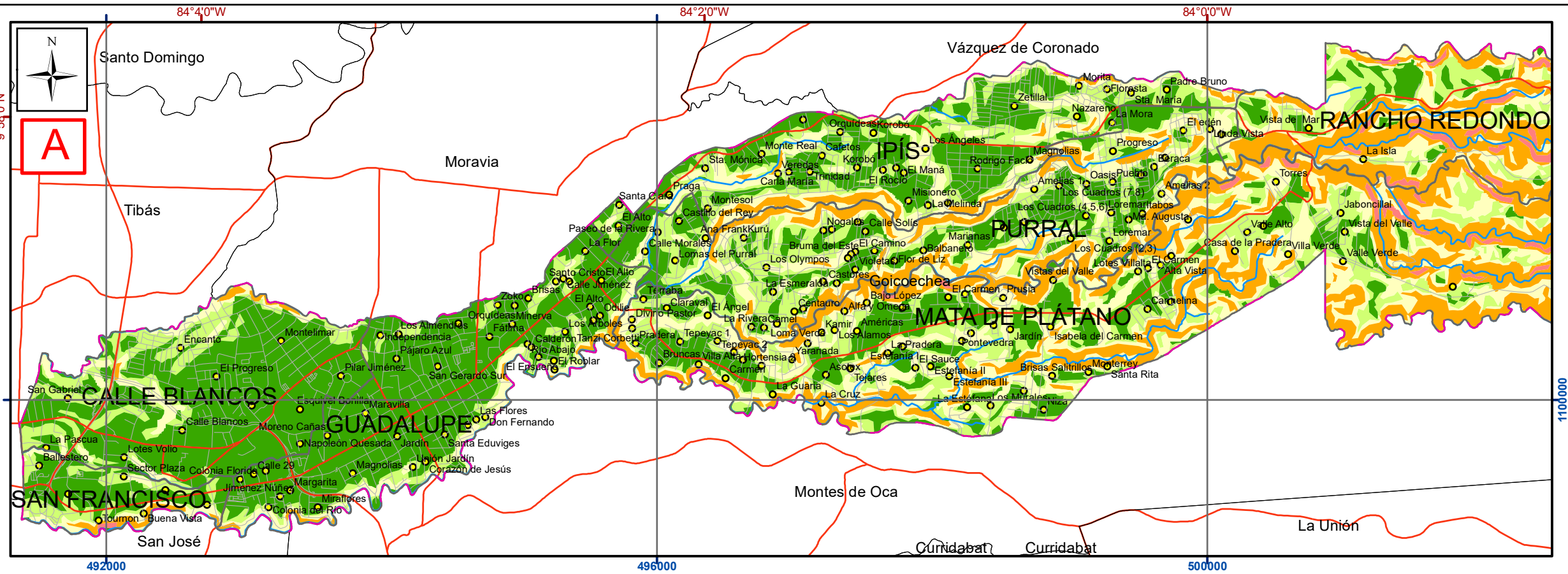
Referencias

- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. EOS, Transactions American Geophysical Union, 13(1), 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological society of America Bulletin, 56(3), 275-370.
- Nir, D. (1957). The Ratio of Relative and Absolute Altitudes of Mt. Carmel: A Contribution to the Problem of Relief Analysis and Relief Classification. Geographical Review, 47(4), 564-569.
- Oguchi, T. (1997). Drainage density and relative relief in humid steep mountains with frequent slope failure. Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Group, 22(2), 107-120.
- Schulze, R. E., & Horan, M. J. C. (2007). Altitude and relative relief. South African Atlas of Climatology and Agrohydrology. Water Research Commission, Pretoria, RSA, WRC Report, 1489(1), 06.
- Smith, G. H. (1935). The relative relief of Ohio. Geographical review, 25(2), 272-284.



Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



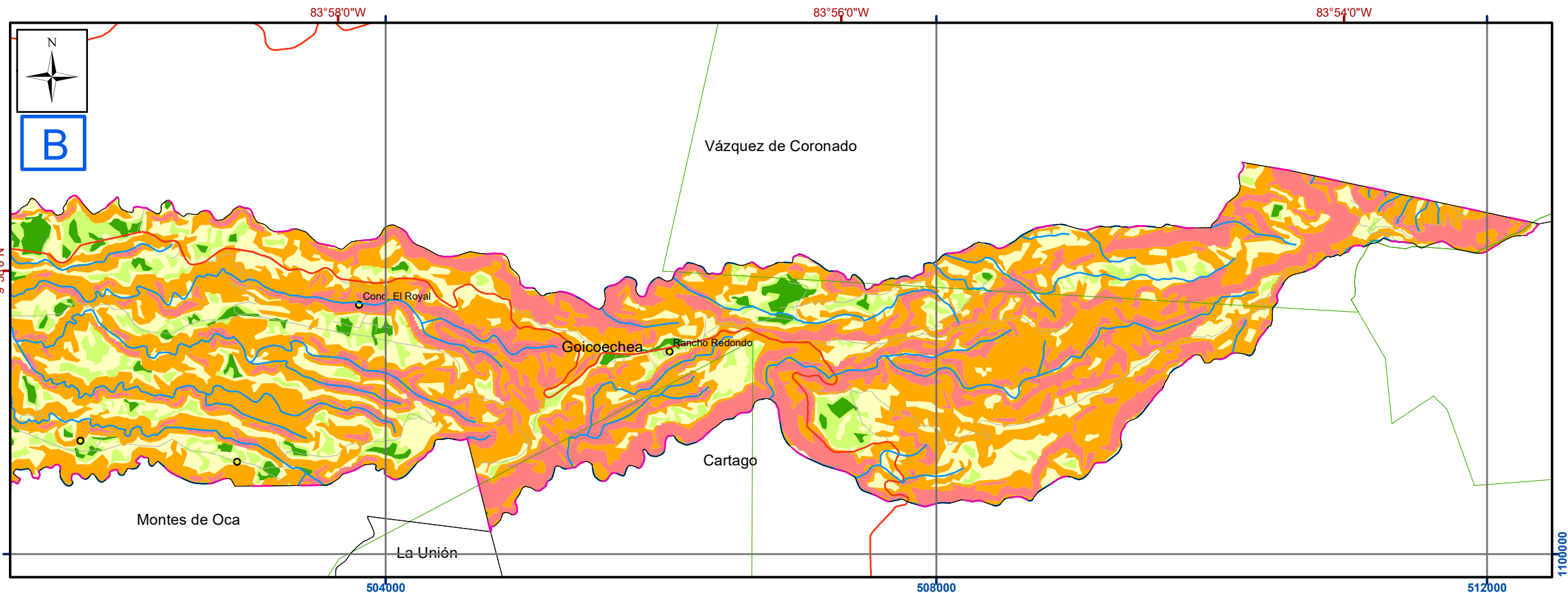
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Pendientes

IFA

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



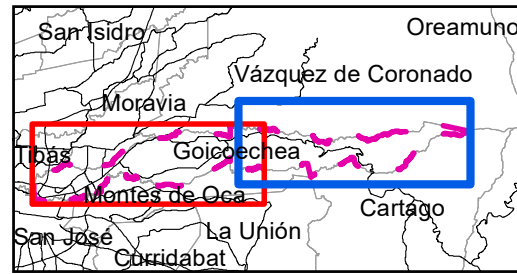
Mapa 1.2-1. Geoaptitud. Geodinámica externa. Pendientes en el cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020. Profesionales responsables: Equipo profesional de ProDUS

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas



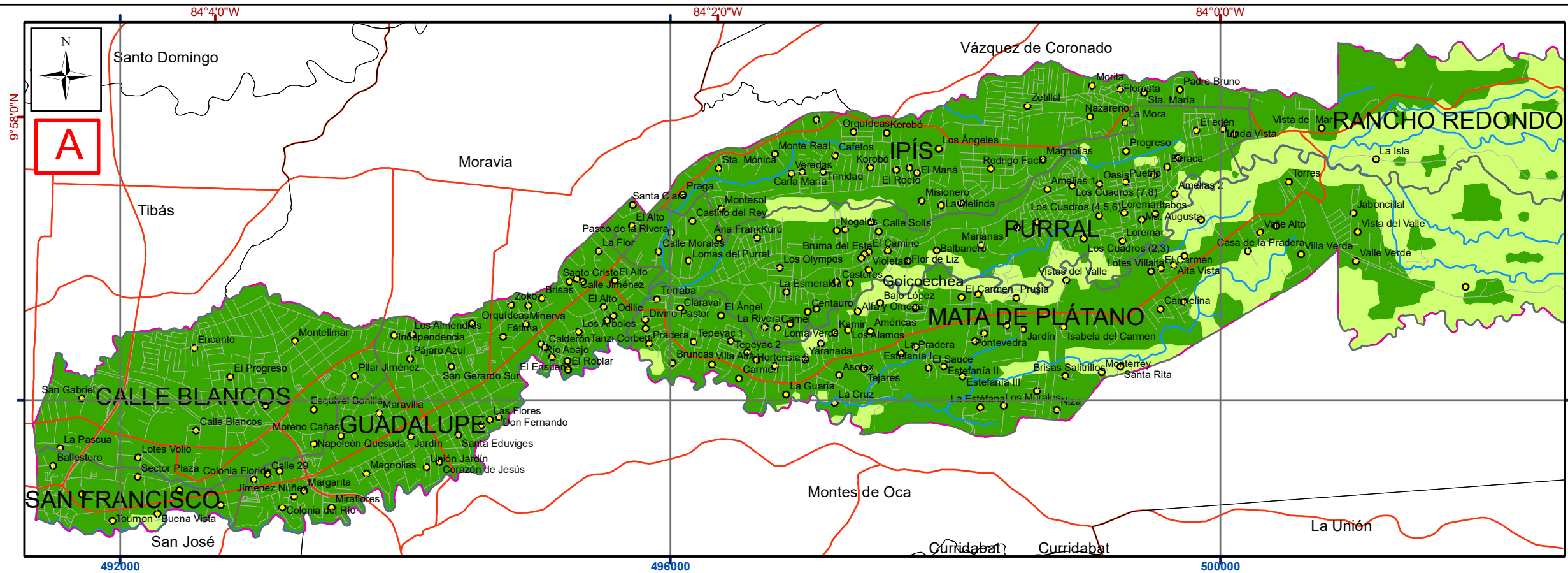


Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

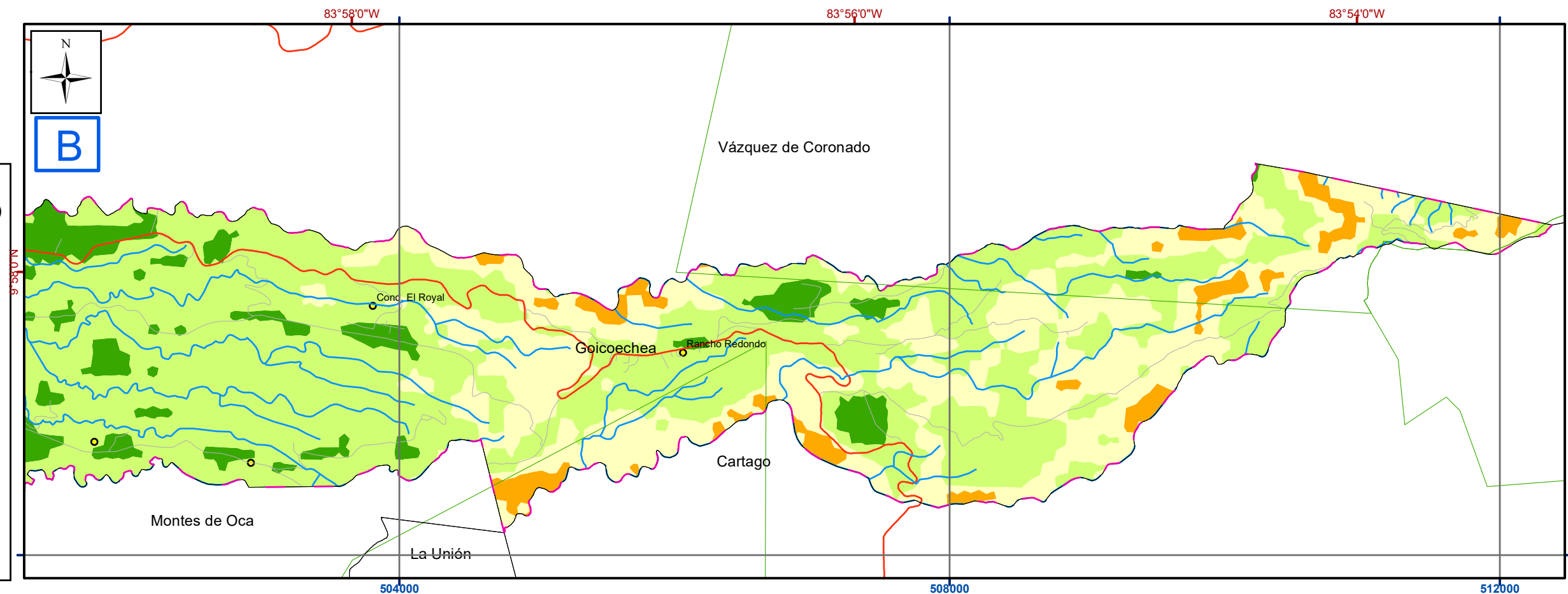
Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - Limite distrital
 - Cantones
 - ASP
 - Ríos
 - Red Vial Nacional
 - Carreteras municipales
 - Poblados
- IFA**
- 2
 - 3
 - 4
 - 5



Mapa 1.2-2. Geoaptitud. Geodinámica externa. Relieve relativo en el cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Equipo profesional de ProDUS

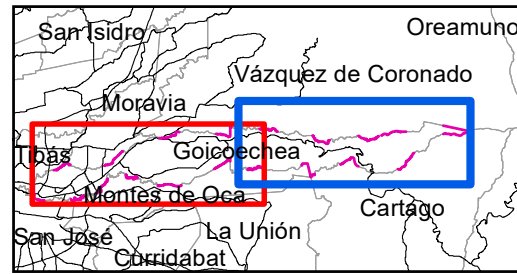
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

Transversal Mercator 05 (CRTM05)

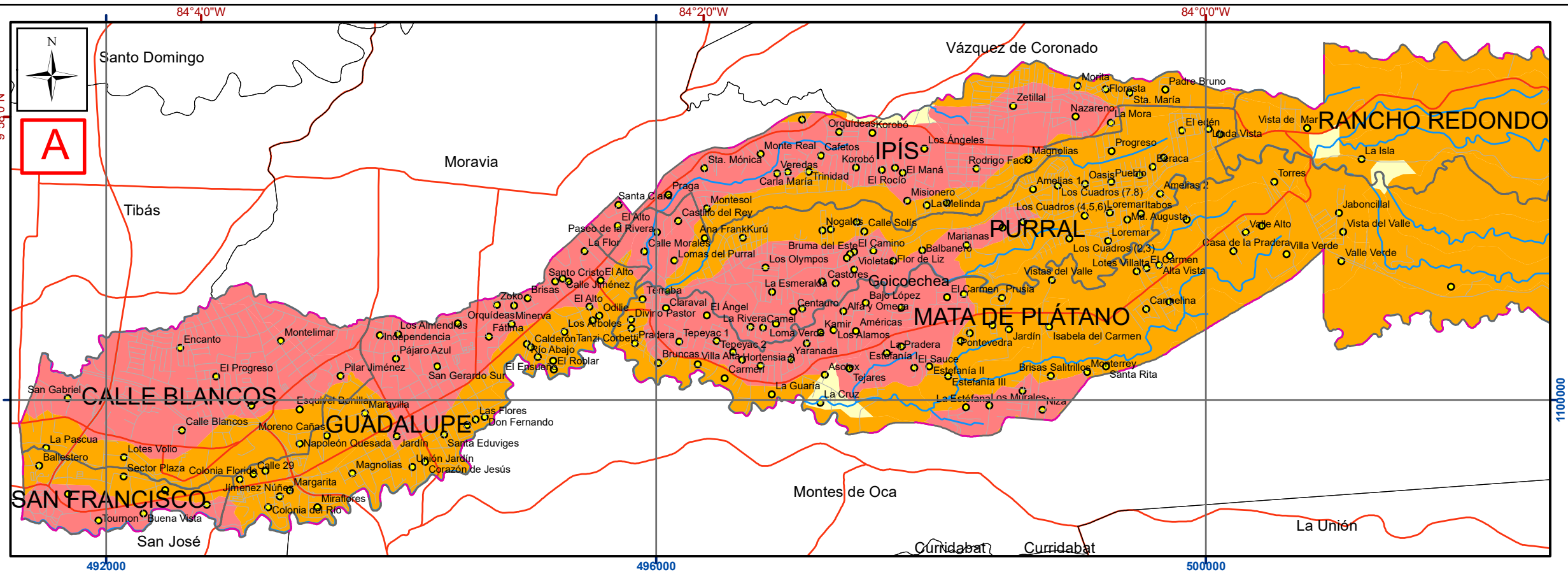
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

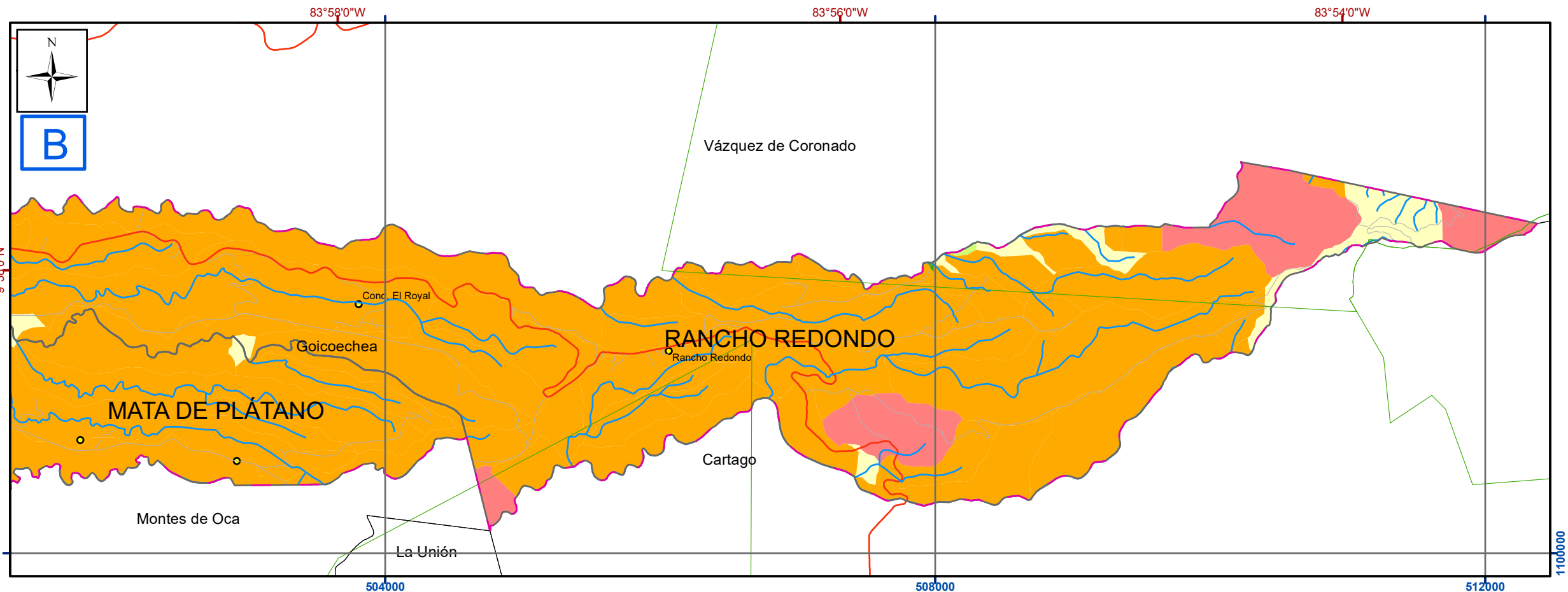


Simbología

- [Red outline] Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- [Black outline] Limite distrital
- [Grey outline] Cantones
- [Green outline] ASP
- [Blue line] Ríos
- [Red line] Red Vial Nacional
- [Grey line] Carreteras municipales
- [Black dot] Poblados

densidad de drenaje

- [Pink] 1
- [Orange] 2
- [Yellow] 3
- [Light Green] 4
- [Dark Green] 5



Mapa 1.2-3. Geoaptitud. Geodinámica externa. Densidad de drenaje en el cantón de Goicoechea

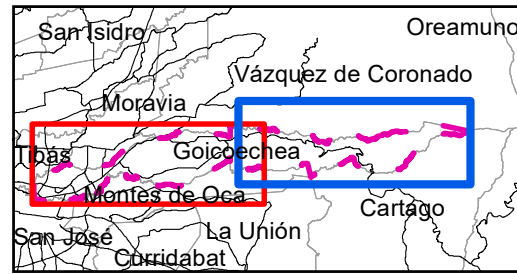
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Paola Alvarado Piedra

0 250 500 1 000 1 500 Metros

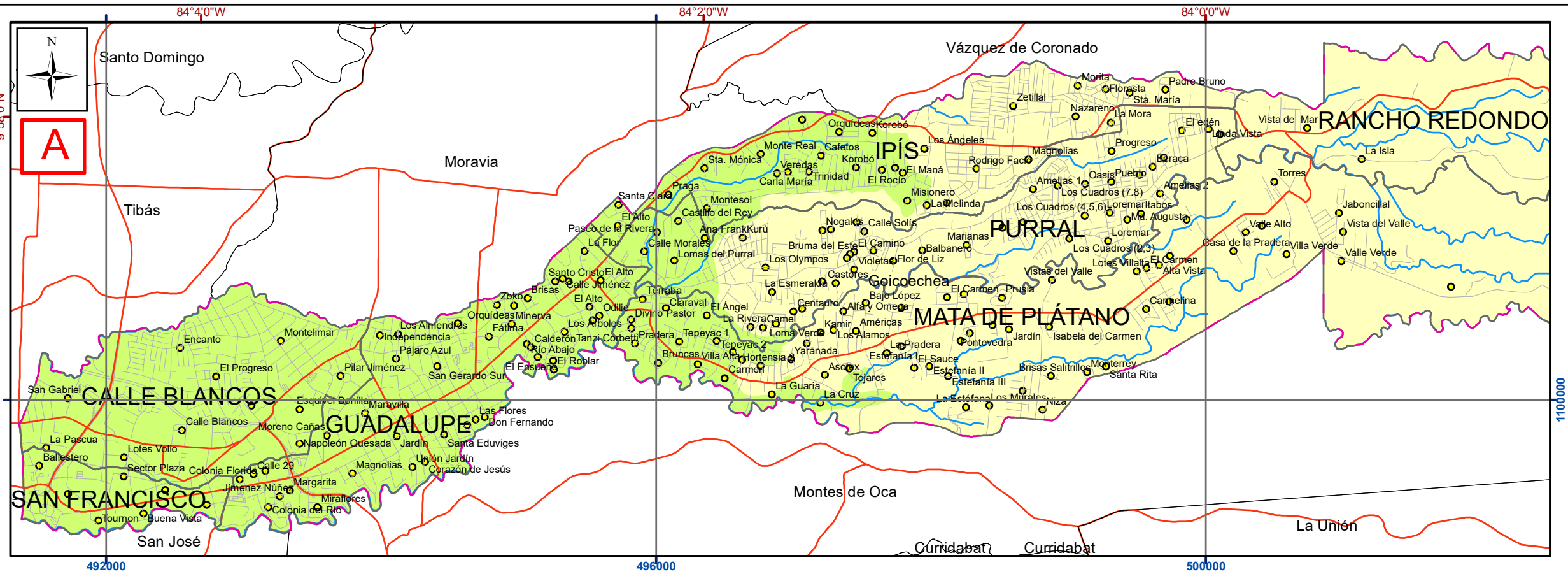
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

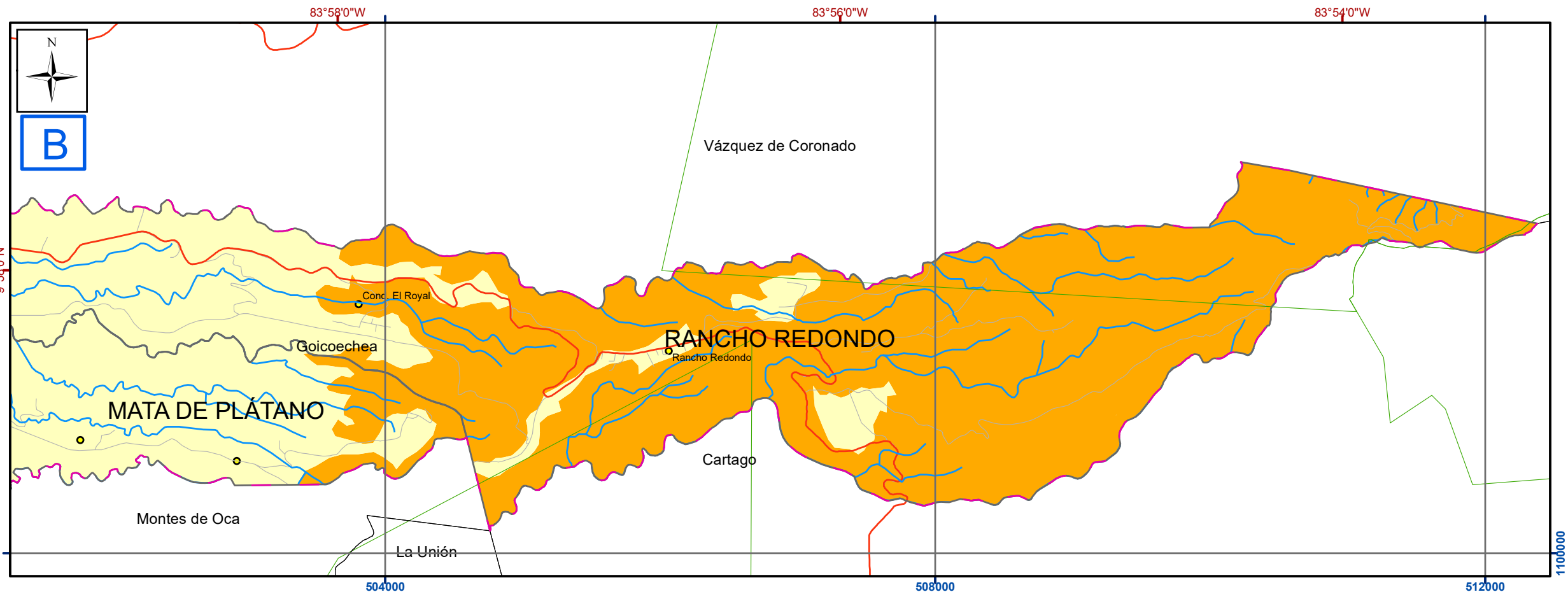


Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 2
- 3
- 4



Mapa 1.2-4. Geoaptitud. Geodinámica externa. Erosión del suelo en el cantón de Goicoechea

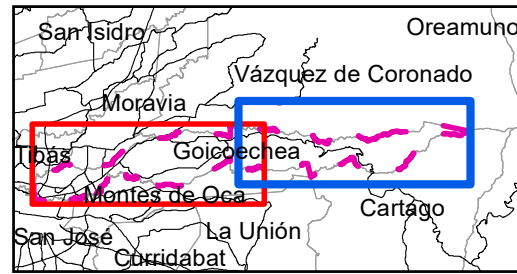
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

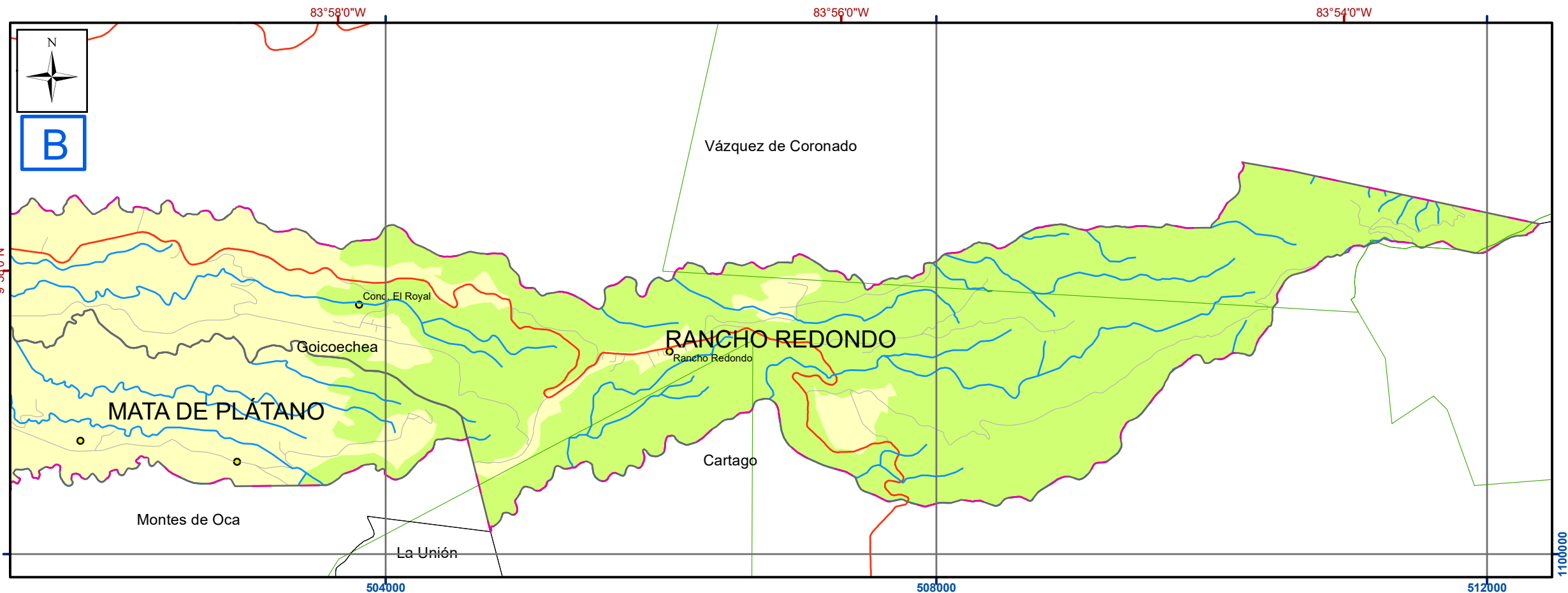
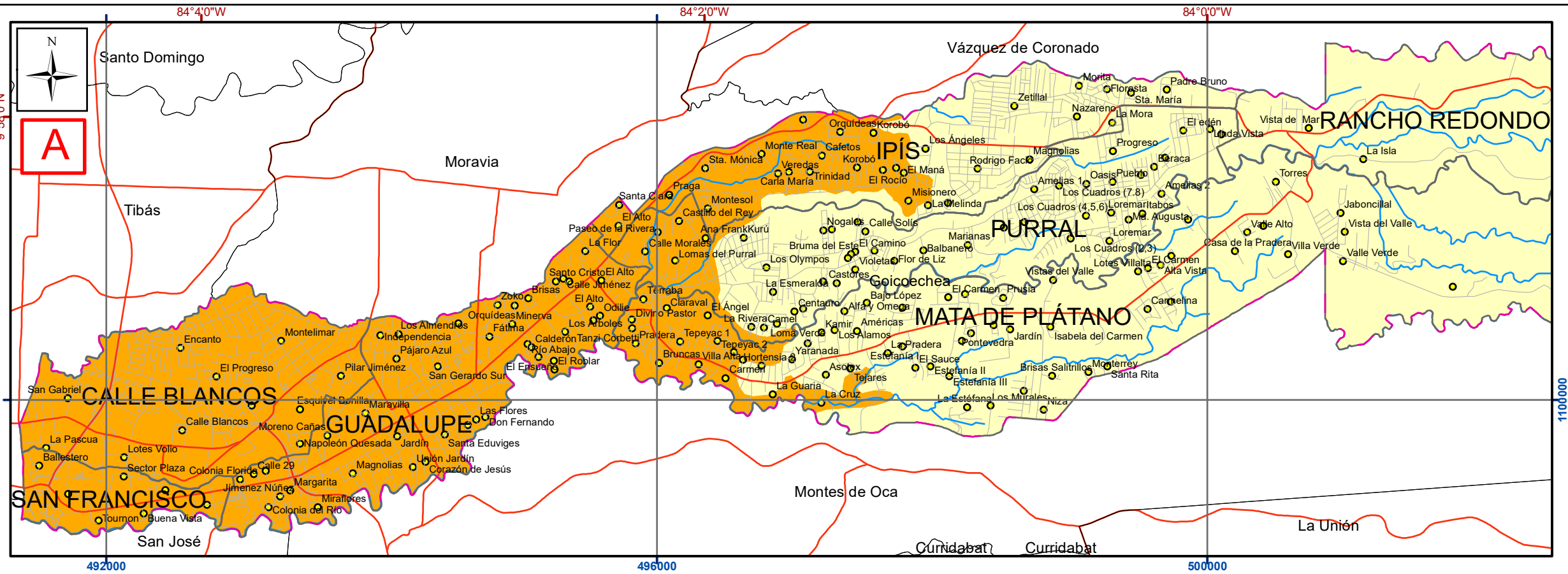
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

▭ Limite distrital

▭ Cantones

▭ ASP

— Ríos

— Red Vial Nacional

— Carreteras municipales

● Poblados

IFA

■ 2

■ 3

■ 4

Mapa 1.2-5. Geoaptitud. Geodinámica externa. Sedimentación del suelo en el cantón de Goicoechea.

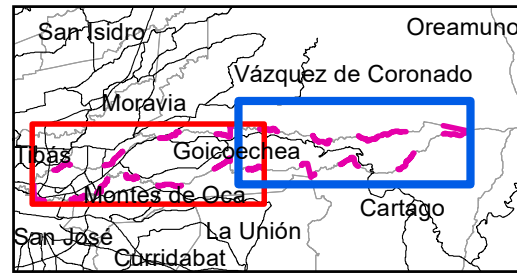
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

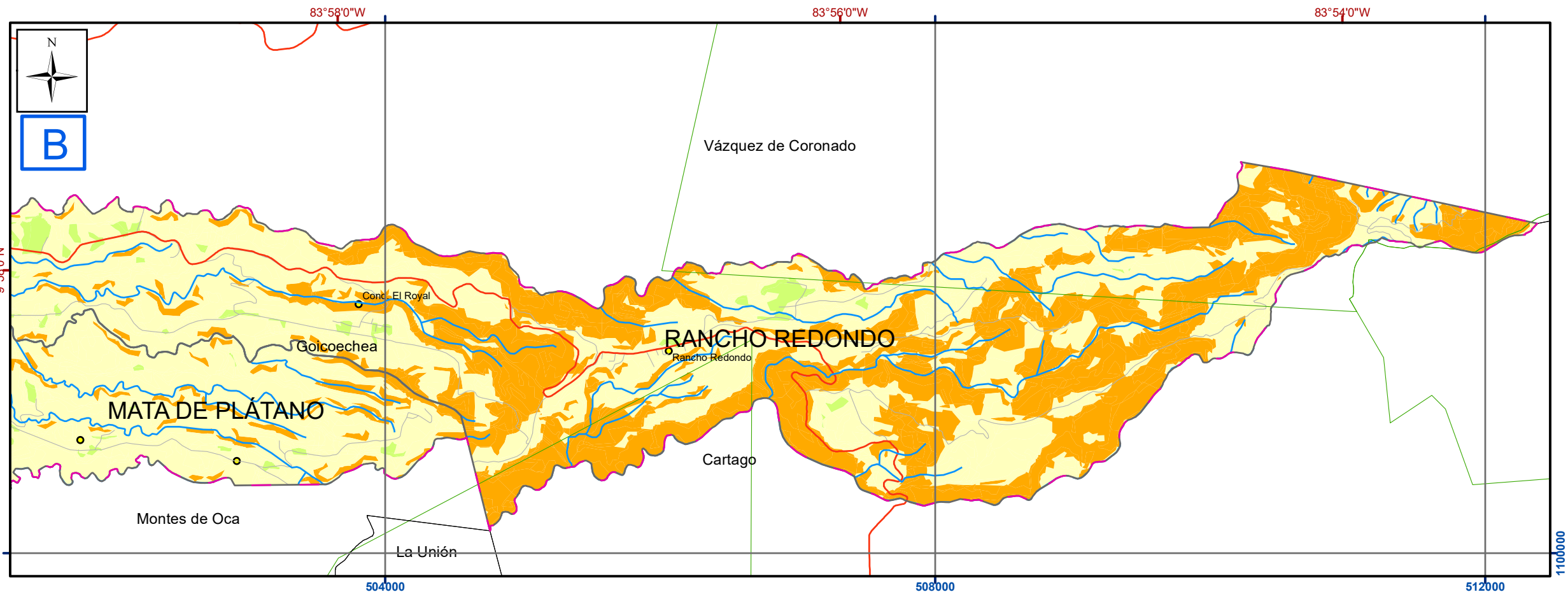
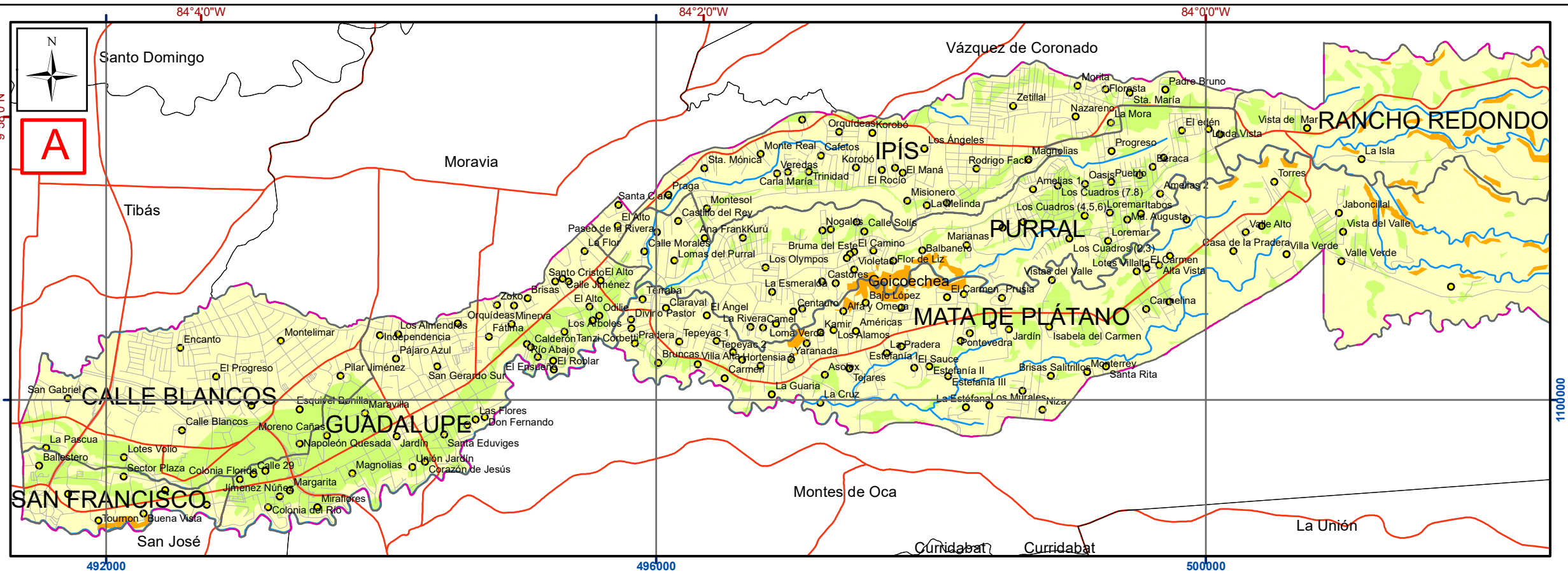
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

Limite distrital

Cantones

ASP

Ríos

Red Vial Nacional

Carreteras municipales

Poblados

Geodinámica Externa

IFA

2

3

4

Mapa 1.2-6. Geoaptitud. Geodinámica externa integrada. Cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020. Profesionales responsables: Equipo profesional de ProDUS

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas



1.3. Factor hidrogeológico

Para la estimación de este factor, se sigue el procedimiento definido en el Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA). De acuerdo con este documento, este factor originalmente resulta de la combinación de las siguientes variables:

- Densidad de drenaje
- Índice del perfil hidrogeológico
- Potencial de infiltración
- Localización de manantiales y pozos
- Precipitación promedio anual

El Decreto señala la necesidad de calcular el índice GOD, que permite evaluar de manera preliminar el riesgo de contaminación de los acuíferos subyacentes, sin embargo, no se especifica que este índice debe ser integrado como una variable en el cálculo del factor o si sólo debe contemplarse como un mapa de referencia.

Entonces, considerando lo anterior, se tiene que las variables empleadas para el cálculo de este factor son:

- Densidad de drenaje
- Índice del perfil hidrogeológico
- Potencial de infiltración
- Precipitación promedio anual
- Índice de vulnerabilidad GOD

A continuación, se incluye el diagrama resumen planteado para este factor, el cual busca clarificar y esquematizar algunos de los procesos de cálculo utilizados. Este diagrama incluye información contextual que no influye directamente en el cálculo del IFA factor hidrogeológico integrado. La variable densidad de drenaje se calcula dentro del factor geodinámica externa.



Figura 1-8. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor hidrogeológico

1.3.1. Características hidrogeológicas del cantón de Goicoechea

El basamento del cantón de Goicoechea está formado por rocas sedimentarias del Terciario las cuales son sobreyacidas por lavas con intercalaciones de tobas e ignimbritas las cuales forman uno de los sistemas acuíferos más importantes del Valle Central.

Los acuíferos se forman en los sectores de mayor fracturamiento principalmente de las lavas, mientras que las tobas e ignimbritas presentan una menor conductividad hidráulica. Estas rocas son

sobreyacidas por depósitos muy heterogénea compuestos por fragmentos volcánicos subangulares de hasta 5 m de diámetro y de composición andesítica en una matriz arcillo-arenosa y mal cementada, que genéticamente han sido relacionados con un *debris avalanche* que se transformó en *debris Flow* producto de la actividad estratovolcanes extintos en el sector occidental del macizo del Irazú. El Mapa 1.3-1 presenta la hidrogeología del cantón.

Perfiles hidrogeológicos

Según la base de datos de SENARA dentro del área de estudio hay 123 pozos, sin embargo, de estos únicamente 53 cuentan con información litológica, no obstante, se tomaron en cuenta algunos pozos fuera del área de estudio con el fin de considerar sus descripciones y también debido a que existen varios pozos profundos en los alrededores del cantón, por lo que finalmente trabajó con un inventario de 73 pozos.

Los pozos se ubican principalmente en el sector oeste del cantón hasta el sector central del mismo, mientras que en el sector este predominan los manantiales. Se seleccionaron un total de 29 pozos para la construcción de tres perfiles hidrogeológicos, su ubicación se puede observar en la Figura 1-9. Ubicación de perfiles hidrogeológicos .

La unidad inferior en el sector oeste del cantón se correlaciono con la Formación Colima, sin embargo, debido a que no hay pozos profundos hacia el este del área, no pudo determinarse la continuidad de la formación (ver y Figura 1-11) En algunos estudios regionales se ha extendido la formación hasta los límites de la cuenca del río Virilla, pero su límite no ha sido bien estudiado. Al acercarse al Volcán Irazú hay una mayor alternancia y espesor de rocas producto de la actividad del volcán, por lo que la estratigrafía se vuelve aún más compleja.

La unidad inferior está compuesta por lavas y fue alcanzada por al menos 5 pozos del área de estudio como se puede observar en los perfiles A-A' y B-B', se describen como lavas andesíticas color gris oscuro, cuyas fracturas y sectores brechosos le confieren buenas condiciones hidrogeológicas. Intercalado entre las lavas se describen capas de ceniza. Su espesor mínimo, según el pozo AB-2486 es de 78 m, y se trata de un acuífero confinado, sin embargo, su gran profundidad lo convierte en un acuífero difícil de explotar (y Figura 1-11).

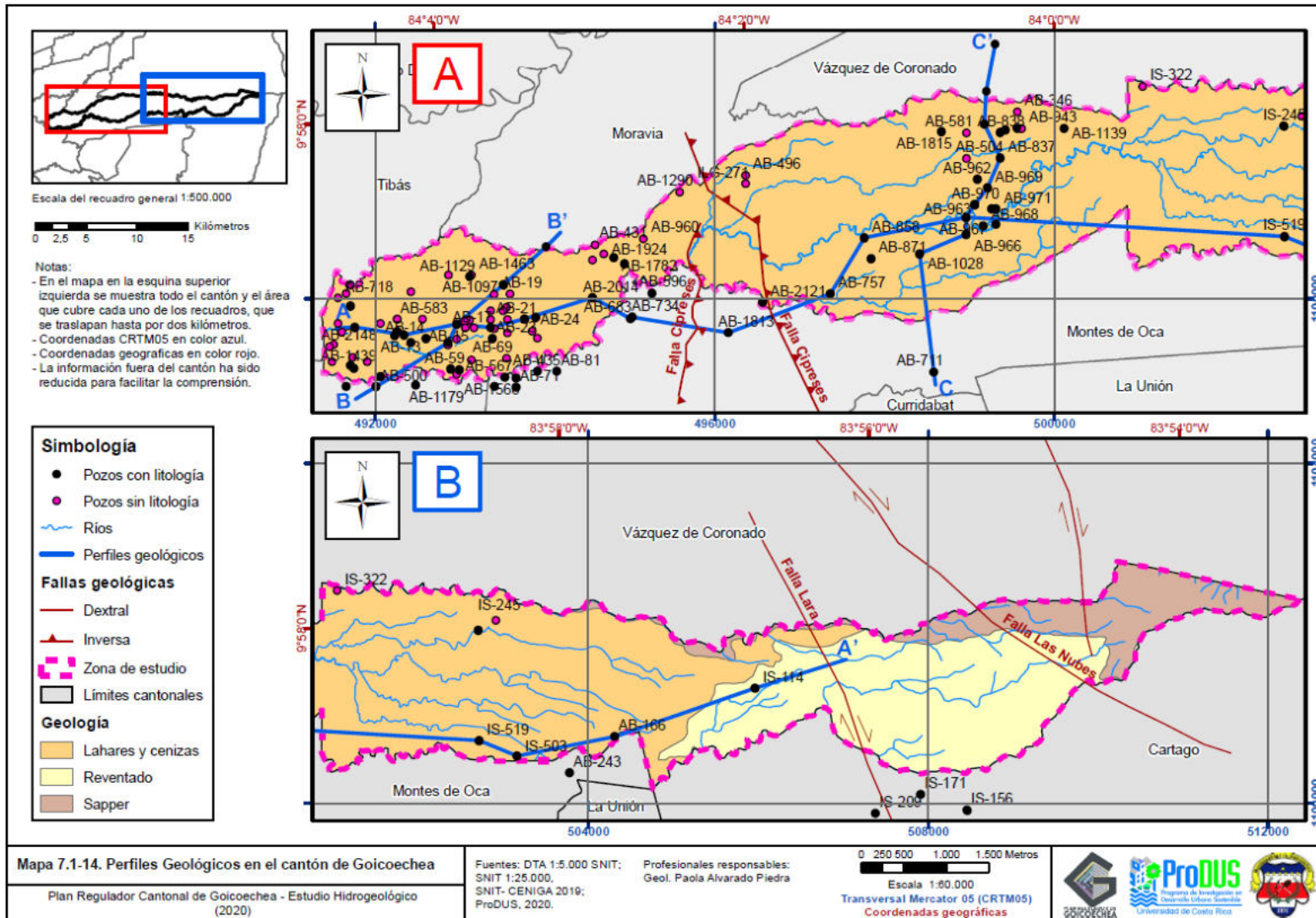


Figura 1-9. Ubicación de perfiles hidrogeológicos

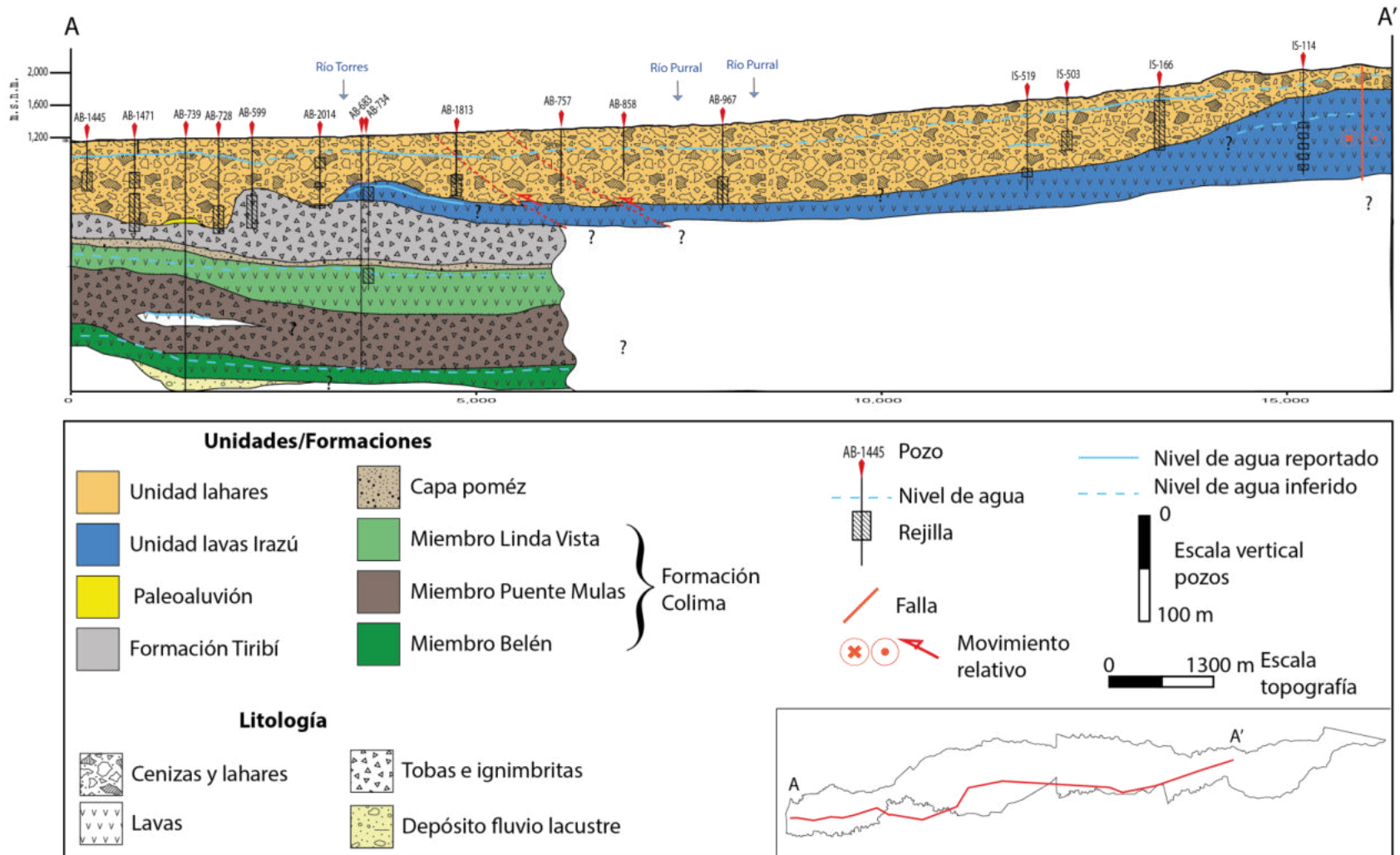
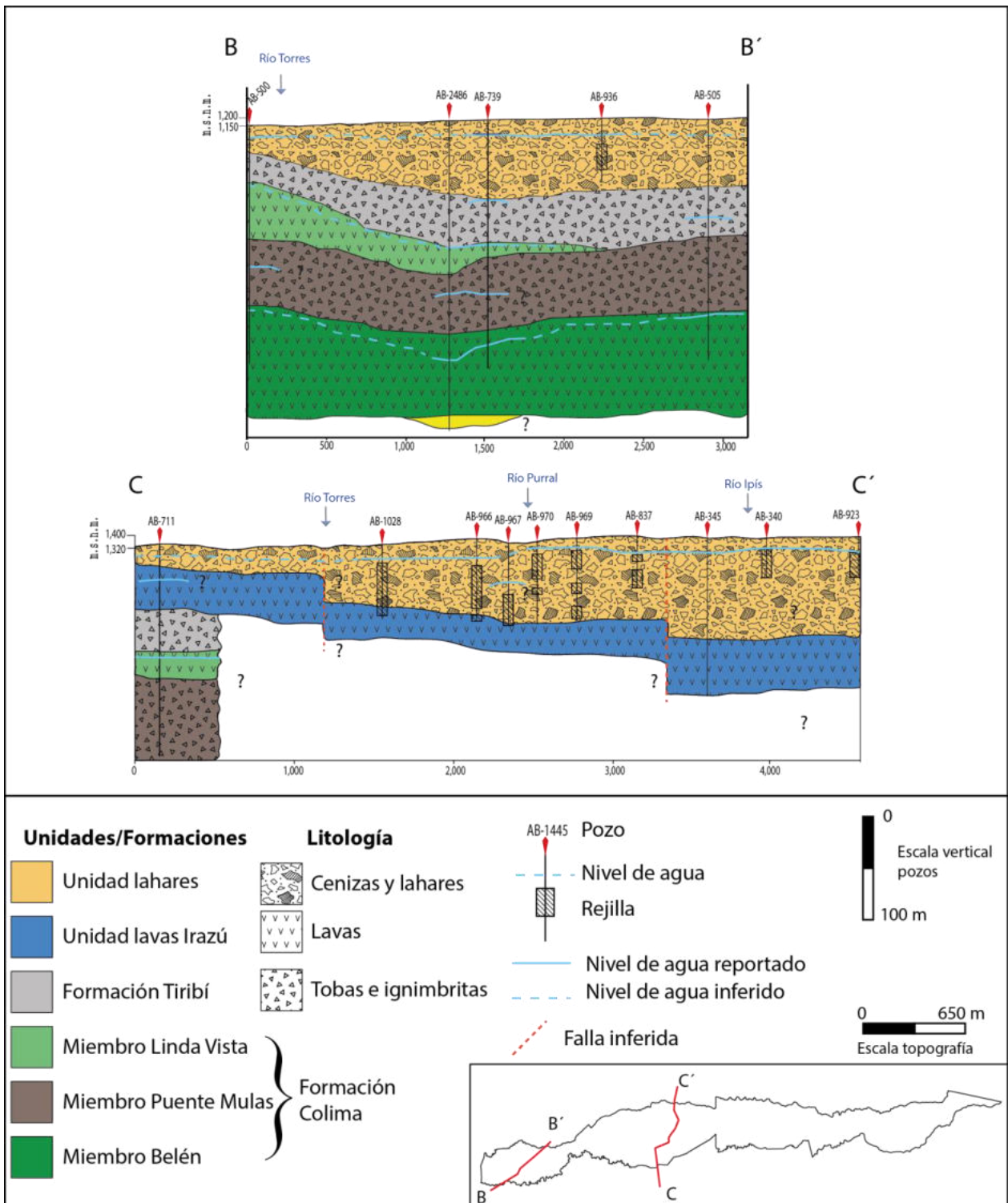


Figura 1-10. Perfil A-A'



Esta unidad se correlaciona con el Miembro Belén definido por Echandi (1981), no se cuenta con parámetros de este acuífero, sin embargo a nivel regional este acuífero presenta transmisividades de hasta 16000 m²/d (Echandi, 1981). Según el mismo autor, algunas coladas de este miembro son casi impermeables pues son muy densas y las fracturas son muy cerradas.

Sobreyaciendo las lavas se encuentra una capa de tobas e ignimbritas correlacionadas con el Miembro Puente Mulas. En el perfil A-A', los pozos que alcanzan estas rocas describen en la parte superior una capa de ceniza arcillificadas o arcillas que podría representar un acuífero para acuíferos superiores.

Algunos sectores presentan permeabilidad secundaria, por lo que presentan algunos niveles de agua (perfil B-B') sin embargo, según las descripciones no es una zona muy productora. El espesor ronda los 60 m – 80 m en promedio, en el pozo AB-739 se describen incluso intercalaciones con lavas. La capa es sobreyacida por lavas y tobas e ignimbritas de la Formación Tiribí hacia el noreste.

Sobreyaciendo las tobas e ignimbritas correlacionadas con el Miembro Puente Mulas, se encuentra otra capa de lavas las cuales en algunas descripciones de pozos podrían ser confundidas con las tobas soldadas de la Formación Tiribí. Estas se correlacionan con el Miembro Linda Vista o Colima Superior.

Pocos pozos parecen captar esta unidad, en gran parte no se menciona la presencia de rejilla. Cabe resaltar que la mayor parte de los pozos profundos fueron realizados con fines de investigación, algunos de ellos por SENAS, en los reportes no se menciona si los pozos finalmente se utilizaron para obtener agua, la unidad se encuentra entre 100 m y 150 m de profundidad, su continuidad no es clara al norte y parece disminuir hacia el sur (perfil B-B').

Según datos del pozo AB-683 la transmisividad es de 52 m²/d. En la margen derecha del río Virilla la Formación Colima Superior origina un acuífero muy importante, con transmisividades de hasta 20 000 m²/d.

Sobre Colima Superior se encuentran tobas e ignimbritas correlacionadas con la Formación Tiribí. Algunos pozos describen una capa de pómez entre la Formación Colima y la Formación Tiribí, esta capa, de acuerdo con algunos autores, se extiende a nivel regional (Perez, 2000).

El espesor de Tiribí en la zona, según los perfiles hidrogeológicos, varía de aproximadamente 30 m a 75 m, con un promedio general de 50 m. Esto puede deberse a que los flujos ignimbríticos rellenan la topografía en algunos afloramientos cercanos se han observado diferencias de espesor similares (Perez, 2000)

Hacia el norte esta unidad sobreyace al Miembro Puente Mulas al norte. Se describen intercalaciones de tobas con ignimbritas con baja permeabilidad, Echandi (1981) menciona que estos materiales tienden a ceder el agua hacia los acuíferos inferiores por lo que son muy

importantes para el proceso de recarga. Esto se debe a su permeabilidad secundaria y que presentan un buen diaclasamiento, aunque en algunos sectores se describen como rocas muy meteorizadas y presencia de arcillas.

En los pozos AB-683 y AB-734, perforados por SENAS para investigación en la Universidad de Costa Rica, se describe una capa de lava sobre las ignimbritas de la Formación Tiribí, esta fue relacionada con coladas de lava provenientes del Irazú, sin embargo, se tiene poca información sobre esta unidad, y su continuidad no está clara dado que únicamente parece ser captada por 3 pozos.

Finalmente se encuentra la unidad más extendida en el cantón de Goicoechea que corresponde con los lahares y cenizas, la mayor parte de pozos en el área de estudio captan esta unidad. Son materiales muy heterogéneos provenientes de los volcanes, descritos como bloques de tamaño variado de lavas e ignimbritas en una matriz limo arenosa a arcillosa. El espesor de los lahares ronda los 60 m, el pozo AB-345 incluso reporta 100 m de espesor de lahares.

En la parte superior de esta unidad la mayor parte de los pozos describen capas de cenizas arcillificadas, de 10 a 20 m de espesor. Algunos pozos describen lavas de hasta 5 m de espesor, las cuales podrían estar relacionadas con los *debris avalanches* descritos por (Hidalgo et al., 2004).

En esta unidad origina un acuífero de muy bajo potencial con un nivel relativamente cerca de la superficie, según los datos el caudal extraído no supera los 5 l/s. Las cenizas arcillosas que lo sobreyacen producen un acuífero no confinado en los lahares. La dirección de flujo de esta unidad es hacia el oeste, con un gradiente hidráulico promedio de 0,07.

Cabe resaltar que en el sector este donde afloran la Formación Sapper y Formación Reventado no se cuenta con información de pozos, es estas se asumió una conexión con el nivel superior de la unidad de lahares y cenizas, en este sector se encuentran la mayor cantidad de manantiales de acuerdo con los datos de la Dirección de Aguas y SENARA.

Respecto a las fallas inversas pertenecientes al sistema de fallas Cipreses, se desconoce su profundidad, ángulo de inclinación y relación con el agua subterránea, el pozo AB-757 describe planos de oxidación que podrían estar relacionados con estas. El pozo AB-734 (perfil A-A') describe la presencia de sulfuros, calcopirita, pirita y alteración hidrotermal, esto podría tener alguna relación con la falla y/o fluidos hidrotermales, sin embargo, no se tiene mayor información. En otros sectores asociados con rocas del Volcán Irazú, como la Formación Sapper, se ha descrito la presencia de sulfatos en el agua subterránea provenientes de la oxidación de sulfuros (Obando Amador, 2017).

Pozos y nacientes

En el Mapa 1.3-2 se presentan los pozos y nacientes del cantón de Goicoechea reportados por la Dirección de Agua. De acuerdo con los datos registrados, la mayor cantidad de pozos concesionados están distribuidos en el sector oeste del cantón, siendo que se distribuyen en los distritos de Calle Blancos, San Francisco y Guadalupe. Por otro lado, las nacientes se concentran en las partes altas al

este del cantón, en los distritos de Mata de Plátano y Rancho Redondo. Finalmente, la sección central del cantón presenta una mezcla de nacientes y pozos en los distritos de Purral, Ipís y la parte baja de Mata de Plátano.

1.3.2. Densidad de drenaje

Para calcular la densidad de drenaje se utilizaron las curvas 1:25000 del SNIT del Instituto Geográfico Nacional, con las cuales se generó un modelo de elevación digital. El drenaje y las cuencas se delimitaron de manera automática utilizando ArcGIS. Según el Decreto el índice IFA se debe asignar según los siguientes valores:

Tabla 1-15. Clasificación IFA de acuerdo a la densidad de drenaje

Valor IFA	1	2	3	4	5
Densidad de drenaje de corrientes permanentes (km/km ²)	0-2	2-6	6-10	10-14	>14

De acuerdo con los resultados la mayor parte del cantón del Goicoechea posee su sistema fluvial en la vertiente del pacífico (37,7 km²), dentro de la cuenca del río Grande de Tárcoles y la subcuenca del río Virilla. Mientras que 0,34 km² en el extremo este drena a la vertiente Caribe en la parte alta de la subcuenca del río Chirripó.

Se identificó que el cantón cubre parte del área de las siguientes subcuencas y microcuencas: Río Tiribí, Río Torres, Quebrada Rivera, Río Ipís, Quebrada Durazno, Río Cajón y Río Santa Rosa, de estas las dos últimas corresponden a las que drenan a la vertiente Caribe.

La microcuenca del Río Torres es la que presenta mayor área en el cantón con un 63,92%, en segundo y tercer lugar se posiciona la subcuenca del Río Tiribí y la microcuenca de la Quebrada Durazno con un 14,83% y 12,89% respectivamente. Las microcuencas con menor porcentaje de área dentro del cantón son quebrada Rivera con un 7,21% y las microcuencas de Santa Rosa, Ipís y Río Cajón que juntas solo contemplan 1,16% del área total.

Según los resultados la densidad de drenaje menor (0-2 km/km²) se encuentra en la parte alta del cantón, algunos sectores del distrito de Rancho Redondo y al oeste del cantón, en la zona urbana, estos corresponden con un índice IFA de 1. Mientras que la mayor parte del cantón presenta densidades entre 2 y 6 km/km², presentando un índice IFA 2 (ver Mapa 1.2-3).

Según (Villon, 2002, p. 64) la densidad de drenaje es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos, valores altos representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables. Por el contrario, valores bajos indican suelos duros, poco erosionables o muy permeables y cobertura vegetal densa.

Cabe resaltar, desde un punto de vista hidrogeológico que, si bien la densidad de drenaje puede ser un indicativo de zonas de mayor o menor permeabilidad, probablemente se observen mejores resultados al comparar diversos sectores de una cuenca o cuencas de tamaño similar. En este caso, los resultados de densidad de drenaje no concuerdan con muestras de campo para análisis textural tomadas y pruebas de infiltración de suelos realizadas por López-Oviedo (2015). Es posible que esto se deba a que el cantón de Goicoechea cubre una parte muy pequeña de la parte alta de varias microcuencas.

1.3.3. Índice de perfil hidrogeológico

Sobre esta variable el Decreto establece categorías según el potencial de producción de las unidades geológicas. De acuerdo con la descripción realizada de los perfiles hidrogeológicos el cantón se encuentra un acuífero superior de baja producción formado por lahares y cenizas y una profundidad mayor a los 100 m se encuentran un sistema acuífero de gran importancia a nivel regional, si bien pocos pozos captan esta unidad dentro del cantón de Goicoechea los acuíferos Colima han sido muy estudiados a nivel regional, principalmente en la margen derecha del río Virilla. Por lo tanto, se asignó un valor IFA de 2 en toda el área (ver Mapa 1.3-3).

Tabla 1-16. Categorías del índice de perfil hidrogeológico según Decreto N°32967

Valor del índice	1	2	3	4	5
Índice de perfil hidrogeológico	Unidades litoestratigráficas que incluyen acuíferos de alto potencial de producción	Unidades litoestratigráficas que incluyen acuíferos de bajo potencial de producción, pero dentro de unidades subyacidas se encuentra acuíferos importantes	Unidades litoestratigráficas que incluyen acuíferos de bajo potencial de producción	Unidades litoestratigráficas sin acuíferos conocidos, pero dentro de unidades subyacidas se encuentra acuíferos de bajo potencial de producción	Unidades litoestratigráficas sin acuífero conocidos, ni dentro de estratos subyacidos

1.3.4. Potencial de infiltración

En la sección 5.5.1 del decreto de elaboración de los IFAs se menciona que la variable “Potencial de infiltración en el terreno” se basa en datos de permeabilidad aparente y factor de lineación del IFA litopetrofísico. Sin embargo, al no expresar el decreto la forma de cuantificar y unificar estas variables se consideró más apropiado utilizar la recarga potencial del cantón, la cual, con la metodología de Schosinsky (2006), incluye el cálculo del potencial de infiltración y la evapotranspiración, ya que no toda el agua que se infiltra se convierte en recarga potencial, una parte del agua debe llenar las necesidades de evapotranspiración y el sobrante percola para recargar los acuíferos.

Los estudios de Ramírez (2014) y López-Oviedo (2015) incluyen el cálculo de la recarga potencial en el cantón de Goicoechea mediante la metodología de Schosinky (2006).

La diferencia en la clasificación de la recarga se debe a que Ramírez (2014) estudió un área más regional de la cuenca del río Virilla, por lo que los valores muy altos de recarga potencial se ubican en las faldas del volcán Barva.

La Figura 1-12 muestra los resultados obtenidos por ambos, en ambos mapas es posible observar que la zona de recarga alta se extiende hasta el sector central del cantón de Goicoechea. El corte marcado en el mapa de López-Oviedo (2015) se debe a la influencia de una estación meteorológica, cuyas áreas de influencia se asignaron con polígonos de Thiessen.

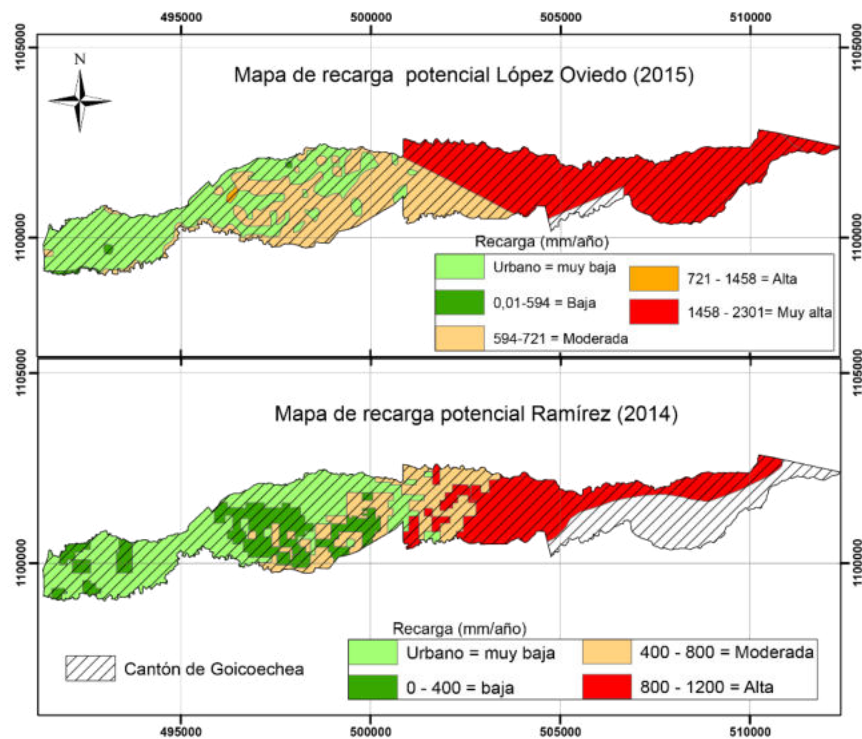


Figura 1-12. Comparación de la recarga potencial calculada por López-Oviedo (2015) y Ramírez (2014).

Como criterio para separar las zonas en los estudios previos mencionados, se tomó en cuenta la ubicación dentro del cantón, de los manantiales de la base de datos del SENARA y la Dirección de Aguas. A estos se les trazó un radio de 200 m y delimitó la zona de recarga alta siguiendo curvas de nivel entre los 1560 y 1650 m.s.n.m., siempre bajo el radio de los manantiales.

El sector este se clasificó como una zona de recarga alta, mientras que la zona urbana se asoció con una recarga baja debido a que la impermeabilización disminuye considerablemente la recarga por infiltración de agua de lluvia en los suelos, en las zonas urbanas la recarga se da por otros

mecanismos. Debido a esto el área entre la zona urbana y la zona de recarga alta se clasifico como zona de recarga moderada, representando una zona de transición.

Cabe recalcar que para este estudio se está considerando únicamente recarga por infiltración de agua de lluvia en los suelos, más no así otros posibles mecanismos, como por ejemplo zonas de efluencia-influencia de los ríos o retornos al sistema.

Por tanto, los valores IFA asignados para las zonas de recarga alta, moderada y baja son 2, 3 y 4 respectivamente, su distribución se puede observar en el Mapa 1.3-4.

1.3.5. Precipitación

Para el cálculo de esta variable se toma como base el Atlas Meteorológico 2013 del Instituto Meteorológico Nacional (IMN). El Atlas incluye un mapa de precipitación mensual registrada en el país desde 1960 hasta el 2013. De dichos mapas se calculó la precipitación promedio anual, sin embargo, dentro del cantón sólo se ubican dos categorías, por lo que se seleccionó un área mayor y se reclasifico en 5 categorías como se observa en la Tabla 1-17.

Tabla 1-17. Clasificación de la precipitación media anual

Precipitación promedio mensual (mm)	Valor IFA
1689,67 – 2395,92	5
2395,92-3266,97	4
3266,97-4373,44	3
4373,44-5903,66	2
5903,66 – 7692,84	1

Dentro del cantón se encuentran las categorías IFA 5 y 4; su distribución espacial se puede observar en el Mapa 1.3-5. En éste se puede observar que la precipitación disminuye de hacia el oeste, por lo que en este sector aumenta el valor IFA.

1.3.6. Índice de vulnerabilidad GOD

El índice de vulnerabilidad GOD consiste en la determinación de una serie de parámetros y características del medio, que permiten estimar la susceptibilidad de un acuífero ante el derrame de un contaminante en la superficie. Esta se considera el primer paso para la determinación de riesgo de contaminación de aguas subterráneas con el fin de establecer prioridades.

El método considera la evaluación de los siguientes tres factores:

- G (groundwater occurrence), relacionado al grado de confinamiento hidráulico del acuífero.
- O (overall aquifer class), corresponde con la ocurrencia del sustrato suprayacente a la zona saturada del acuífero en términos de su grado de consolidación y tipo de litología.
- D (depth), se refiere a la distancia del agua que puede tratarse del nivel freático para los acuíferos libre o al techo del primer acuífero confinado.

Cada factor posee un valor entre 0 y 1 (ver Figura 1-13); el índice de vulnerabilidad se calcula como el producto de los factores anteriores:

$$\text{Índice de vulnerabilidad} = G * O * D$$

El índice de vulnerabilidad GOD fue generado para el informe hidrogeológico en el marco del diagnóstico del cantón para el Plan Regulador. A continuación, se incluye la sección citada.

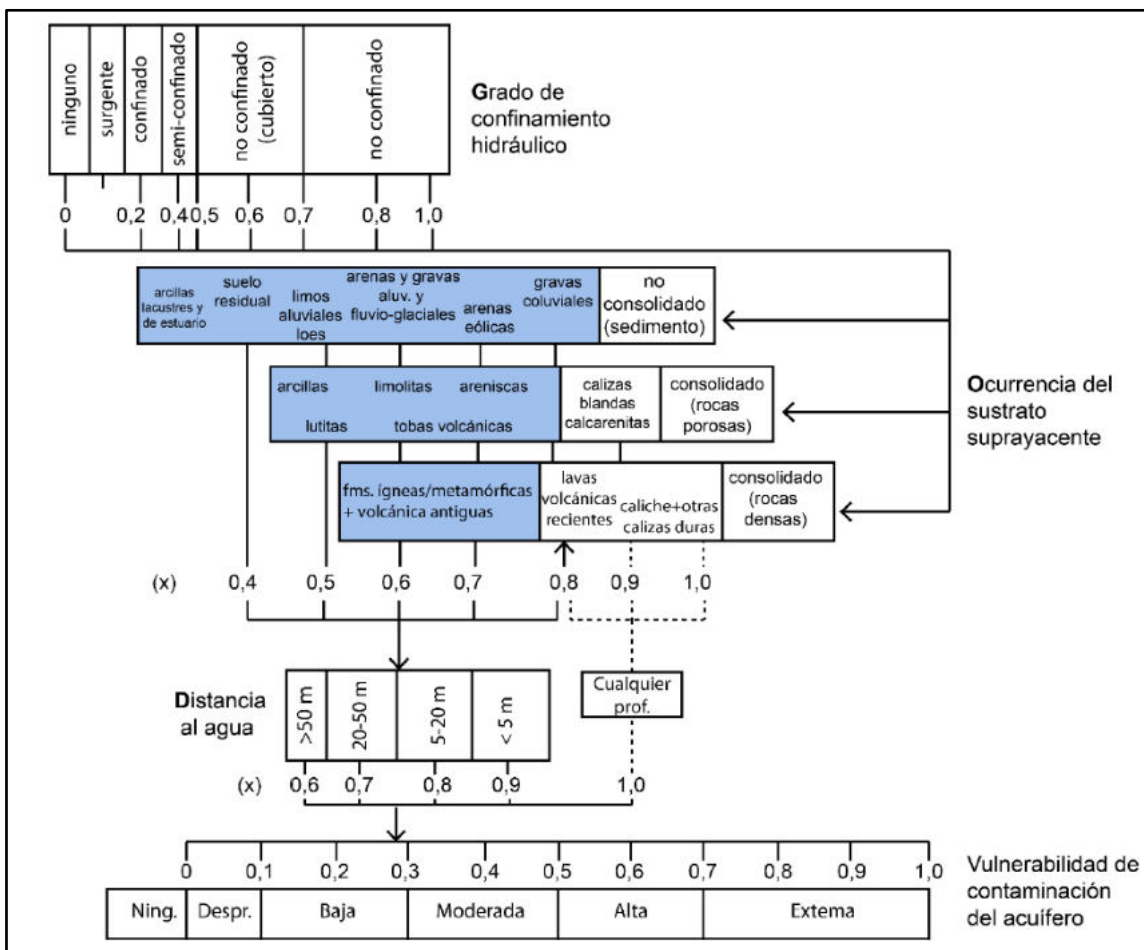


Figura 1-13. Resumen de los índices de la metodología GOD. Modificado de (Foster et al., 2002).

El área de estudio se dividió en dos unidades hidrogeológicas superficiales, la Unidad de lahares y la Unidad Sapper-Reventado, debido a las características descritas en la descripción de los perfiles hidrogeológicos.

El grado de confinamiento hidráulico (**G**) se consideró no confinado cubierto, al acuífero en la Unidad de lahares, y dado que no se tiene información en la Unidad Sapper-Reventado se le consideró no confinado, a fin de ser conservadores (Tabla 1-18)

Para la asignación de la litología, u ocurrencia del sustrato suprayacente (**O**) se utilizó un valor de 0,5, es decir, de arcillas para la Unidad de lahares, debido a las capas de cenizas arcillificadas que cubren el acuífero (Tabla 4). Mientras que para Sapper-Reventado, se asignó un valor de 0,8 relacionado con lavas volcánicas recientes (Tabla 1-18).

Finalmente, para la distancia del agua (**D**) se interpoló los valores de profundidad del nivel de los pozos, dentro del cantón, que se consideran captan el acuífero superior. La interpolación se realizó utilizando la metodología de Kriging. La Tabla 1-19 muestra los valores utilizados.

Los valores de profundidad del nivel se reclasificaron para asignar la D según la metodología, en el mapa se puede observar los resultados de dicha interpolación. A falta de información de la Unidad Sapper-Reventado se mantuvo un nivel de 15 m desde el último pozo con información hacia las zonas altas (Mapa 1.3-1).

Tabla 1-18. Resumen de índices GOD utilizados

	Unidad de lahares	Unidad Sapper-Reventado
G	0,6	0,8
O	0,5	0,8
D	Interpolación de niveles	

En producto de los parámetros obtenido varía entre 0.21-0.3 y 0.5-0.512 en la Unidad de lahares y Unidad Sapper-Reventado respectivamente, esto indica una vulnerabilidad intrínseca a la contaminación baja y alta, tal como se observa en el Mapa 1.3-6.

Tabla 1-19. Valores de profundidad del agua del acuífero superior utilizado

Pozo	X	Y	NE	Resumen litología sobre NE (metros)
AB-1068	491750	1099185	11	0-10= Arcilla impermeable
AB-1072	492421	1099489	11.34	0-8= Suelo, 8-12 Arcilla
AB-1076	493410	1098968	8.5	0-12= Arcilla
AB-1088	493891	1099788	3	0-8= Ceniza volcánica
AB-1129	493111	1100268	8	0-10= Arcillas
AB-1139	500112	1102011	4	0-21= Arcilla impermeable
AB-1179	492480	1098984	8.42	4.5-35= lahar matriz limo arenosa
AB-1253	492261	1099619	14.5	0-15= Arcilla impermeable
AB-13	492231	1099574	10.6	0-18= Cenizas volcánicas arcillificadas en parte superior
AB-1359	491710	1099220	10	0-3= Arcilla impermeable, 3-15= Arcilla impermeable
AB-14	492601	1099539	2.13	0-16= Cenizas volcánicas, porosidad moderada
AB-1433	494936	1100417	14	0-10= Arcilla impermeable
AB-1445	491761	1099670	14	0-10= Arcilla impermeable, 10-12=Lahar matriz arcillosa
AB-1471	492341	1099578	14	2-10= Cenizas, 10-28= Lavina
AB-1755	492060	1099090	35	2.5-47= Lahar matriz arcillosa
AB-1782	494811	1100492	18	0-15= Arcilla impermeable
AB-1815	498673	1101972	2	0-16= Arcilla
AB-2014	494561	1100017	4.15	0-20= Arcilla
AB-2121	496561	1099965	13	0-9= Arcilla
AB-2379	493381	1099538	15	0-6= Suelo, 6-26= Lahar matriz arcillosa
AB-2486	492858	1099489	9	0-9= Arcilla impermeable
AB-345	499173	1102062	37.5	0-21.64= Cenizas baja permeabilidad, 21.64-50.6= Lahar
AB-347	499423	1101992	9.1	0-18.28= Cenizas muy baja permeabilidad
AB-435	493910	1099148	9.1	1.5-6.1= Arcillas, 6.1-12.19= Lavina
AB-567	493660	1099068	6.09	0-3= Arcilla, 3-22= Lahar matriz arcillosa
AB-59	492890	1099179	14.93	0-7= Cenizas arcillificadas, 7-24.38= Lavina matriz arcillosa
AB-596	495261	1100066	13.56	0-12.19= Arcilla impermeable
AB-599	493761	1099768	24	0-27= Coluvio
AB-71	493660	1098958	13.72	0-43= Arcillas con arenas finas
AB-728	493361	1099668	16	0-6= Suelo impermeable, 6-60= Lavina perm. Baja
AB-739	492961	1099709	13	0-10= Suelo limo arcilloso, 10-75= Lavina matriz limo arcillosa
AB-757	497361	1100064	16.76	3.05-18.29= Toba PA baja o nula
AB-837	499362	1101662	18	0-32= Material coluvial, 95% arcilla PA baja-muy baja
AB-838	499363	1101962	33	0-30= Material arcilloso, PA muy baja
AB-871	497841	1100478	20.4	0-20= Arcilla y cenizas
AB-936	493511	1100168	17	0-17= Arcilla
AB-962	499092	1101412	14.8	0-21= Lahar matriz fina?

Pozo	X	Y	NE	Resumen litología sobre NE (metros)
AB-964	499262	1101062	14.8	0-18= Arcilla
AB-965	499311	1100882	21	0-24= Arcilla?
AB-966	498961	1100762	18.78	0-29= Cenizas arcillificadas
AB-968	499161	1100862	21	0-18= Cenizas arcillificadas, 18-30= Lahar PA baja
AB-969	499212	1101312	8.93	0-6= Cenizas arcillificadas, 6-30= Lahar matriz arcillosa
AB-970	499062	1101112	4.04	0-12= Cenizas arcillificadas
AB-971	499312	1101062	23.95	0-12= Cenizas arcillificadas, 12-66= Arcilla PA baja
IS-166	504311	1100787	15	0-35= Ceniza, 35-50= Aluvión
IS-243	503780	1100357	18	0-30= Toba
IS-503	503161	1100558	14	0-50= Lahares y tobas
AB-923	499304	1103002	13.75	0-9= Suelo, 9-21= Lavina
AB-340	499200	1102447	9	0-30= Arcillas con poca arena
AB-1028	498411	1100533	13.19	0-15= Arcilla
AB-1813	496160	1099605	24	0-10= Arcilla, 10-45= Lahar con arcilla

Según la categoría de vulnerabilidad, se asocian las definiciones mostradas en la tabla a continuación.

Tabla 1-20. Definición práctica de las clases de vulnerabilidad a la contaminación de acuíferos

CLASE DE VULNERABILIDAD	DEFINICIÓN
Extrema	Vulnerable a la mayoría de los contaminantes con impacto rápido en muchos escenarios de contaminación.
Alta	Vulnerable a muchos contaminantes (excepto a los que son fácilmente absorbidos o transformados) en muchos escenarios de contaminación.
Moderada o Media	Vulnerable a algunos contaminantes solo cuando son continuamente descargados o lixiviados.
Baja	Solo vulnerable a contaminantes conservativos cuando son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos períodos de tiempo.
Despreciable	Presencia de capas confinantes en las que el flujo vertical (percolación) es insignificante.

Fuente: Foster et al. (2002)

La vulnerabilidad hidrogeológica a la contaminación es mayor en las formaciones Sapper-Reventado, dado que se contaba con poca información se utilizaron los parámetros más conservadores. La vulnerabilidad disminuye en el sector de lahares y cenizas ya que el espesor de cenizas arcillificadas ofrece cierto grado de protección.

Es importante tener presente las limitaciones de la metodología GOD, dado que los mapas de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación no consideran la interacción de los procesos superficiales y os flujos subterráneos; por ejemplo, los sistemas de drenaje superficiales como ríos, quebradas y canales artificiales, los cuales pueden interactuar con las aguas subterráneas

(influencia-efluencia). Tampoco tiene relación con la delimitación de las zonas de captura de pozos, manantiales y la definición de las zonas de recarga del acuífero.

1.3.7. Factor hidrogeológico integrado

Finalmente, se procede a calcular el factor hidrogeológico integrado mediante la suma y posterior reclasificación de las variables de densidad de drenaje, índice de perfil, potencial de infiltración, precipitación promedio y vulnerabilidad intrínseca a la contaminación. Sobre esta última cabe recalcar que, si bien el Decreto señala que debe calcularse, no clarifica si su resultado debe integrarse dentro del esquema de determinación del factor hidrogeológico, sin embargo, dada la importancia de esta variable y su relevancia en el análisis de los acuíferos, se decide hacer su inclusión en el cálculo.

La sumatoria y reclasificación se ajusta a lo señalado en el Decreto. Al reunir 5 variables el valor máximo sería de 25. La reclasificación se ajusta como lo indica la Tabla 1-21; los resultados se pueden observar en el Mapa 1.3-7.

Tabla 1-21. Sumatoria de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor hidrogeológico.

Sumatoria de las 5 variables	Categoría	Valor reclasificado
5-9	Muy alto	1
10-13	Alto	2
14-17	Moderado	3
18-21	Bajo	4
22-25	Muy bajo	5

Limitaciones y potencialidades técnicas

A continuación, se presenta un resumen de las principales limitaciones y potencialidades del factor hidrogeológico, las cuales se desprenden de la representación de las variables y las interacciones que se dan entre ellas. Las limitaciones y potencialidades que se muestran a continuación están asociadas únicamente con el conjunto de variables que forman parte de este factor, de manera que es posible que en una localización este factor no represente una limitación significativa mientras que otro factor o eje IFA sí podría serlo.

Tabla 1-22. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor hidrogeológico

IFA	Limitaciones	Potencialidades
2	Zonas de fragilidad alta debido a zonas de recarga alta y vulnerabilidad intrínseca a la contaminación alta.	Usos de protección, recuperación y reforestación. Conservación y recarga hídrica. Se puede llevar a cabo la construcción de infraestructura mínima para actividades turísticas de pequeña escala y otros desarrollos de baja densidad que cumplan con los estudios técnicos necesarios.
3	Zona de fragilidad moderada por perfil hidrogeológico y baja o muy baja fragilidad por recarga y vulnerabilidad a la contaminación	Desarrollo residencial y urbano en general siempre que cuenten con alcantarillado sanitario y planta de tratamiento.
4	Zona de fragilidad alta por perfil hidrogeológico pero baja o muy baja por recarga y GOD.	Desarrollo residencial de densidad media y alta con alcantarillado sanitario y planta de tratamiento.

A continuación, se presenta la tabla con las certidumbres técnicas para el factor hidrogeológico. El peso otorgado para cada variable analizada se da en función del criterio de experto. El valor estimado fue de **192** lo que refleja una certidumbre muy alta.

Tabla 1-23. Certidumbres técnicas del factor hidrogeológico

Valores Criterios y su peso	Muy alto (5)	Alto (4)	Moderado (3)	Bajo (2)	Muy bajo (1)
Densidad de drenaje (4)		16			
Índice de perfil hidrogeológico (9)		36			
Potencial de infiltración (10)	50				
Precipitación (8)	40				
GOD (10)	50				
Sumatoria	140	52	0	0	0
Resultado final	205- 173	172 - 140	139 - 107	106 - 75	74 - 41

Referencias

- Echandi, E. (1981). *Unidades volcánicas de la vertiente norte de la cuenca del río Virilla*. Universidad de Costa Rica.
- Foster, S., Hirata, R., Gómez, D., D'elia, M., & Patis, M. (2002). *Groundwater Quality Protection. A guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies* (p. 103). The World Bank.

Hidalgo, P. J., Alvarado, G. E., & Linkimer, L. (2004). La Lavina Del Valle Central (Costa Rica): ¿Lahar O Debris Avalanche? *Revista Geológica de América Central*, 30, 101–109.

López-Oviedo, J. D. (2015). *Recarga potencial para los acuíferos de un Sector al Sur del río Virilla* [Universidad de Costa Rica].
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7369/39351.pdf?sequence=1>

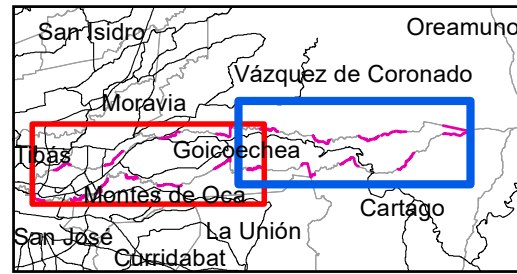
Obando Amador, A. F. (2017). *Modelo hidrogeológico conceptual de las cuencas de los ríos Reventado y Toyogres, provincia de Cartago, Costa Rica*. 181.

Perez, W. (2000). *Vulcanología y petroquímica del evento ignimbrítico del Pleistoceno Medio (0,33Ma) del Valle Central de Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.

Ramírez, R. (2014). *Recarga y extracción hídrica de los acuíferos Colima y Barva, Valle Central, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica.

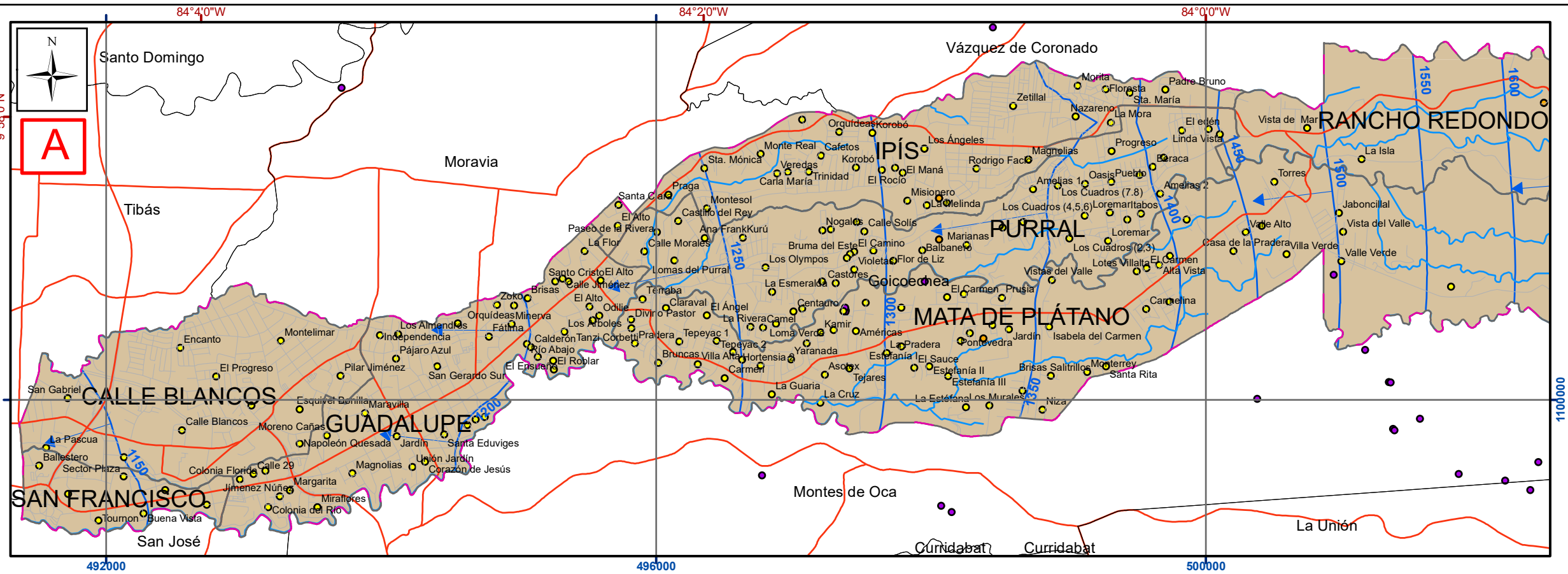
Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, 34–35, 13–30. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i34-35.4223>

Villon, M. (2002). *Hidrología* (Primera). Instituto Tecnológico de Costa Rica.



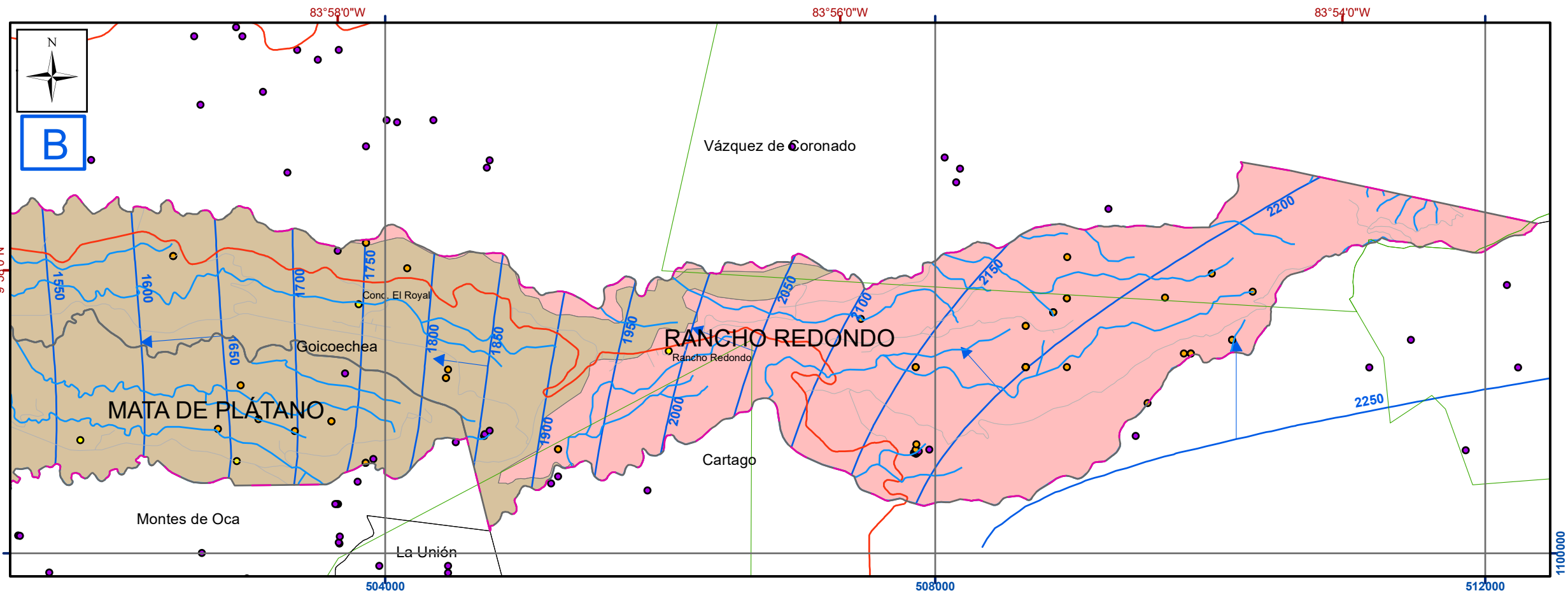
Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - Limite distrital
 - Cantones
 - ASP
 - Ríos
 - Red Vial Nacional
 - Carreteras municipales
 - Poblados
 - Manantiales Dirección de Agua
 - Manantiales Senara
 - Equipotenciales
 - ➔ Dirección de Flujo
- Unidades Hidrogeológicas**
- Unidad**
- Unidad Goicoechea (lahares)
 - Unidad Sapper-Reventado (lavas)



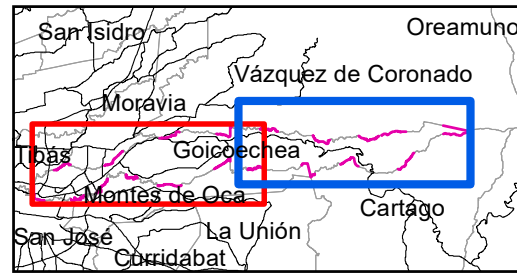
Mapa 1.3-1. Geoaptitud. Hidrogeoaptitud. Hidrogeología del cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.
 Profesionales responsables: Geol. Paola Alvarado Piedra

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas



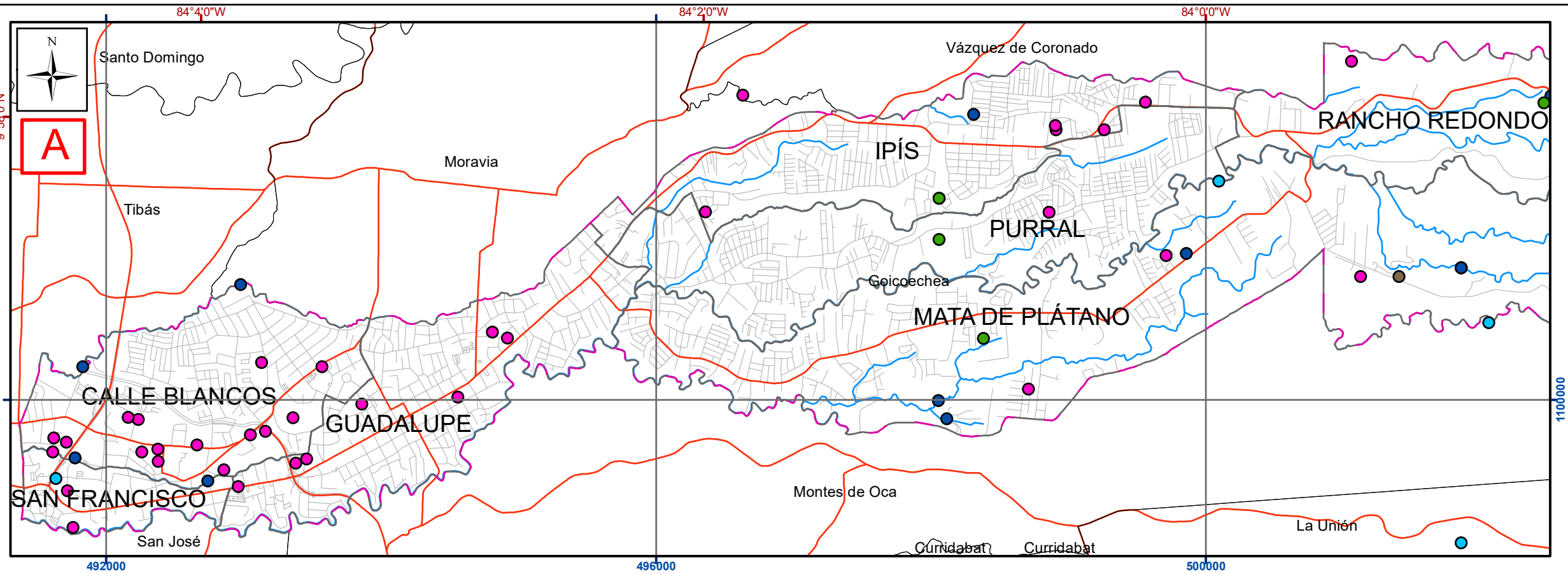


Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

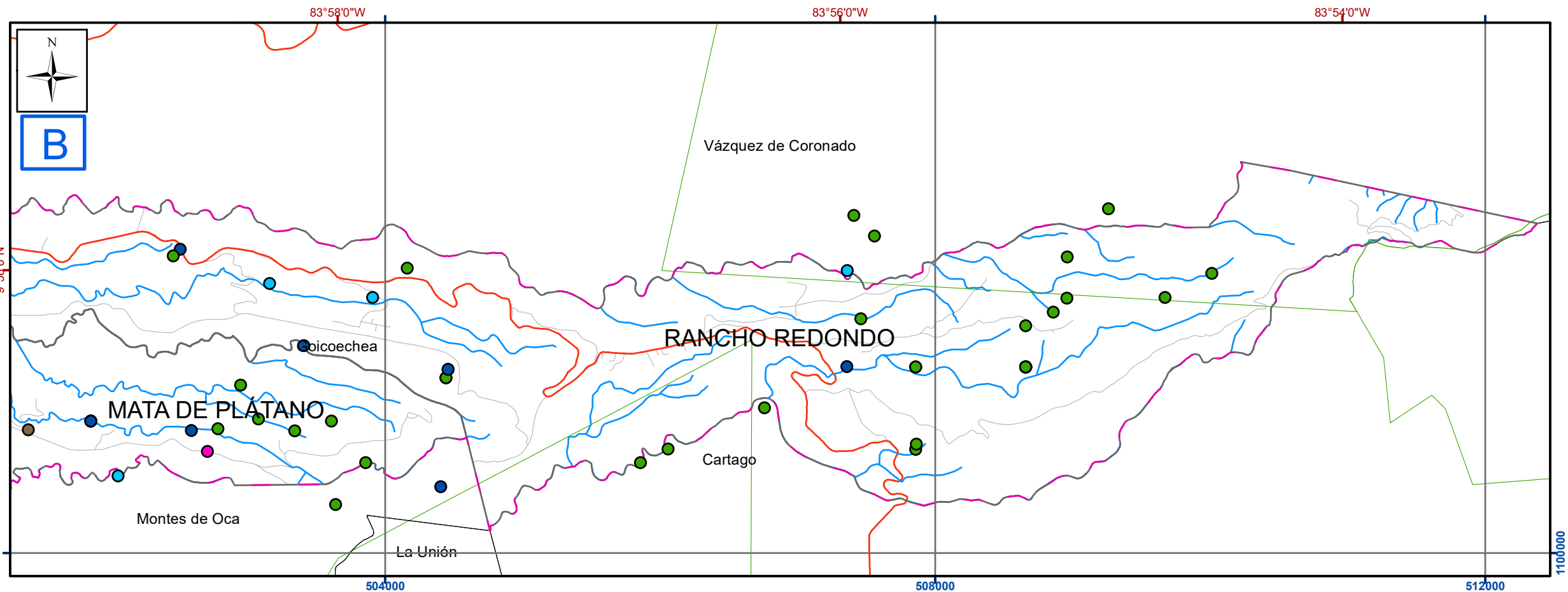
Concesiones Dirección de Agua

Fuente

- Naciente
- Pozo
- Río
- Quebrada
- Otros

┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- ▬ Ríos
- ▬ Red Vial Nacional
- ▬ Carreteras municipales



Mapa 1.3-2. Geoaptitud. Hidrogeoaptitud. Pozos y Nacientes

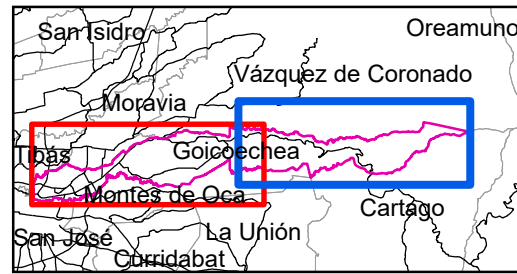
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT;
SNIT 1:25.000,
SNIT-CENIGA 2019;
ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Geol. Paola Alvarado Piedra

0 250 500 1 000 1 500 Metros

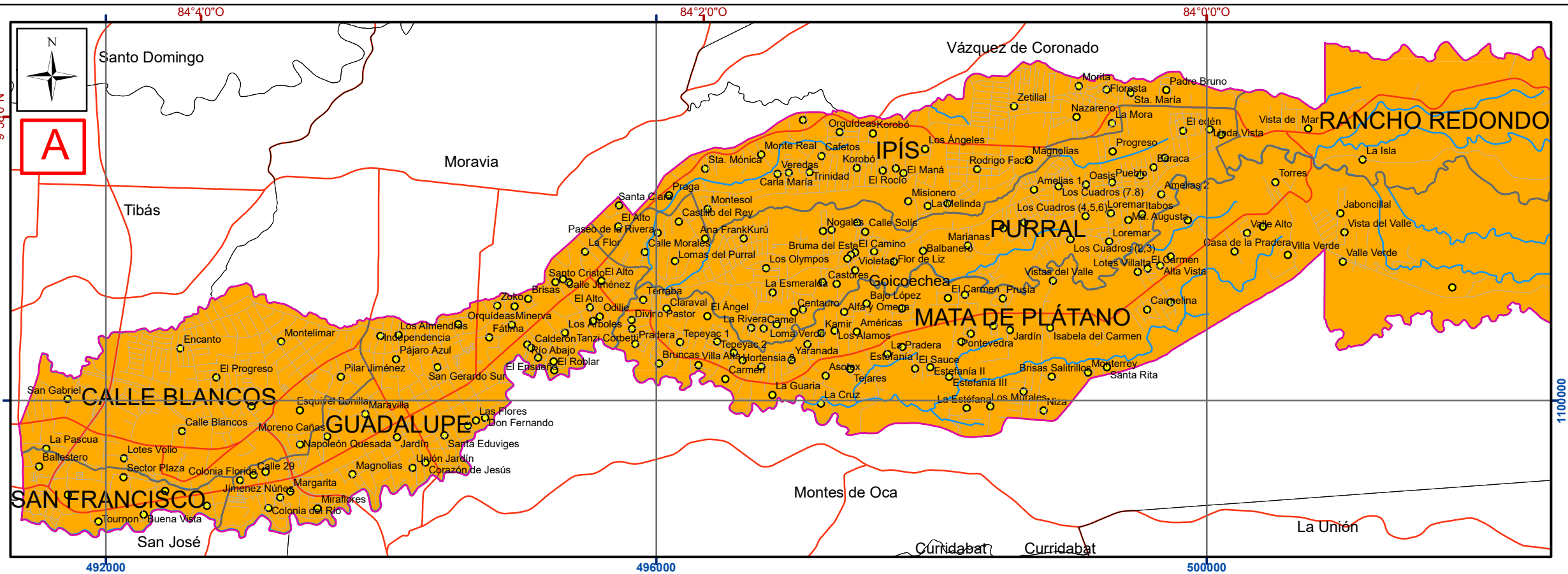
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



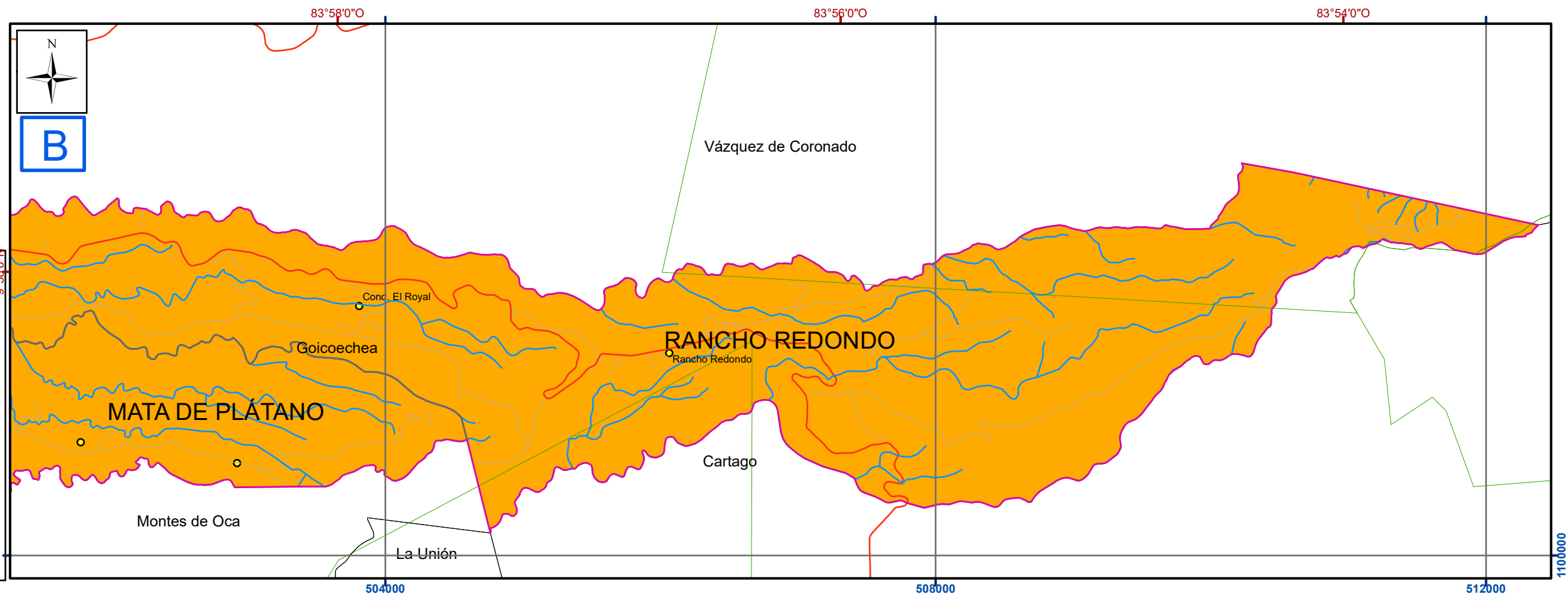


Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geograficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



- Simbología**
- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - Limite distrital
 - Cantones
 - ASP
 - Ríos
 - Red Vial Nacional
 - Carreteras municipales
 - Poblados
- IFA Índice de Perfil Hidrogeológico**
- 2



Mapa 1.3-3. Geoaptitud. Hidrogeoaptitud. Índices de perfil hidrogeológicos en el cantón de Goicoechea

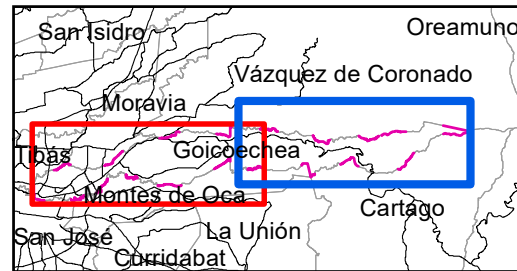
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Paola Alvarado Piedra

0 250 500 1 000 1 500 Metros

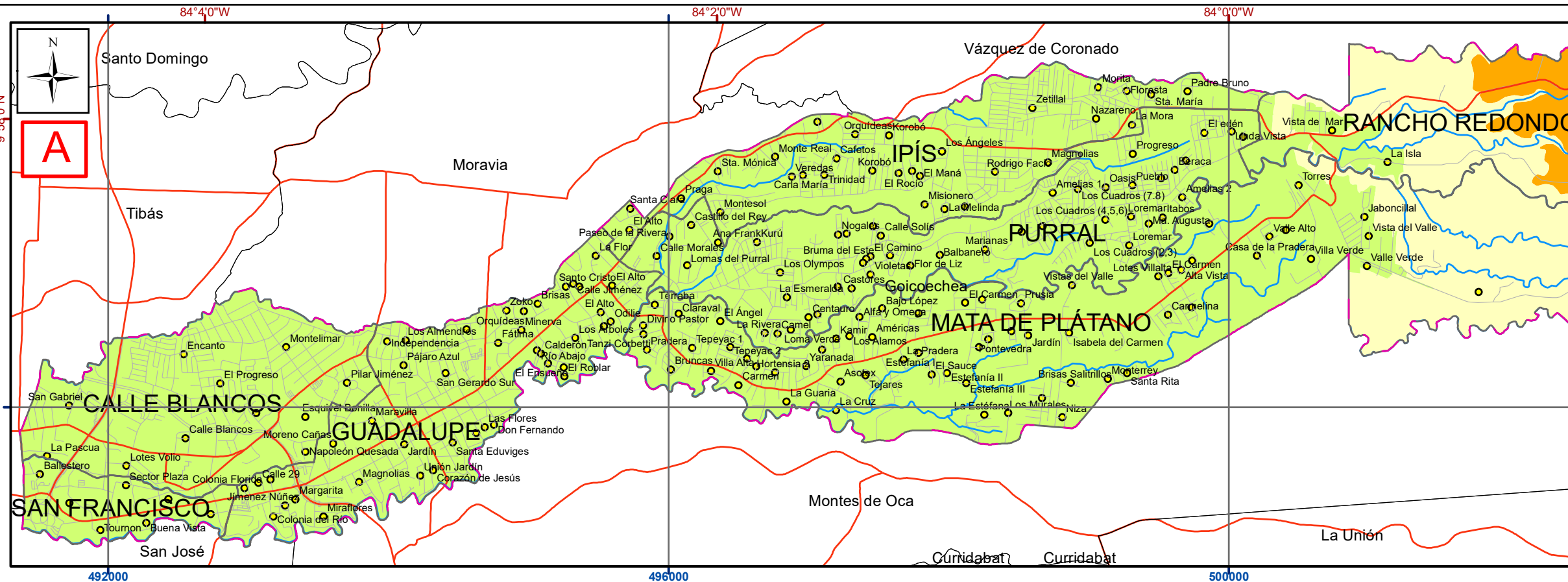
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



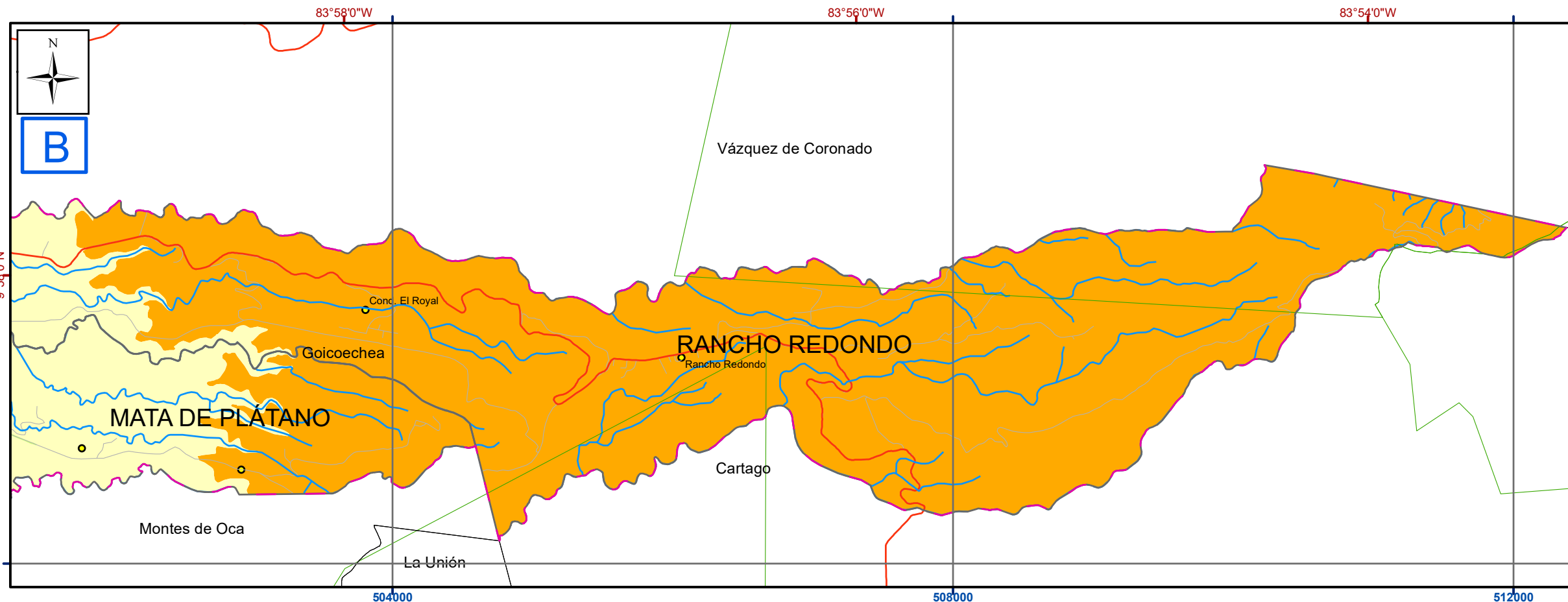
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Potencial Infiltración

Indice IFA

- 2
- 3
- 4



Mapa 1.3-4. Geoaptitud. Hidrogeoaptitud. Valor IFA de potencial de infiltración en el cantón de Goicoechea

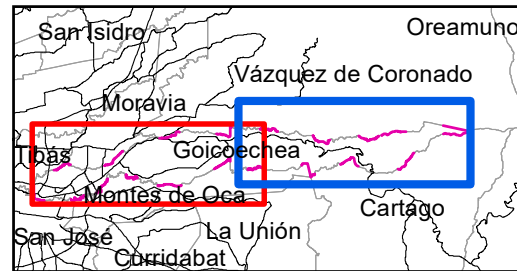
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
 Geol. Paola Alvarado Piedra

0 250 500 1 000 1 500 Metros

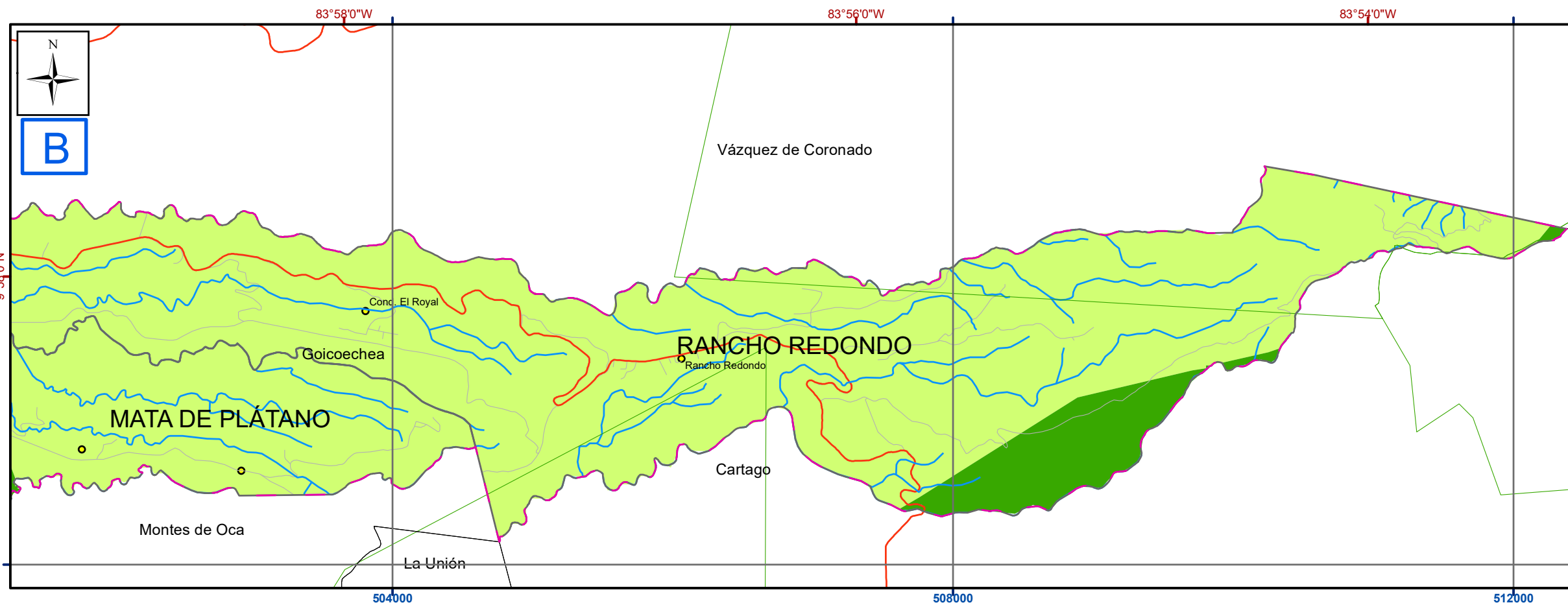
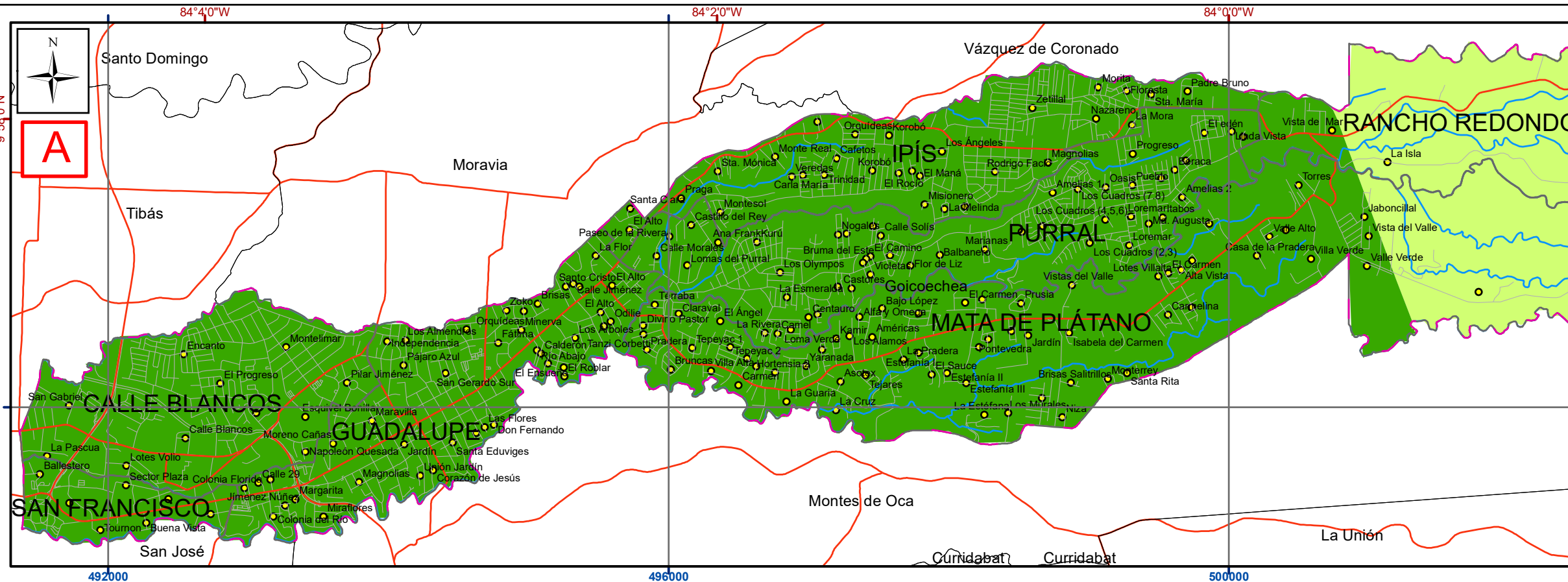
Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

Limite distrital

Cantones

ASP

Ríos

Red Vial Nacional

Carreteras municipales

Poblados

Precipitación Anual

IFA

4

5

Mapa 1.3-5. Geoaptitud. Hidrogeoaptitud. Precipitación anual en el cantón de Goicoechea

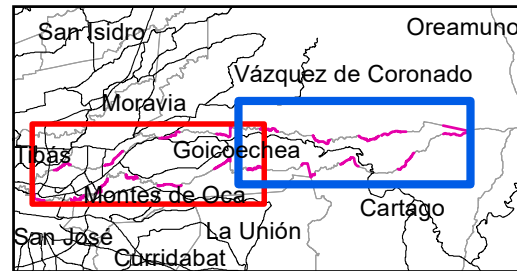
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Paola Alvarado Piedra

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas

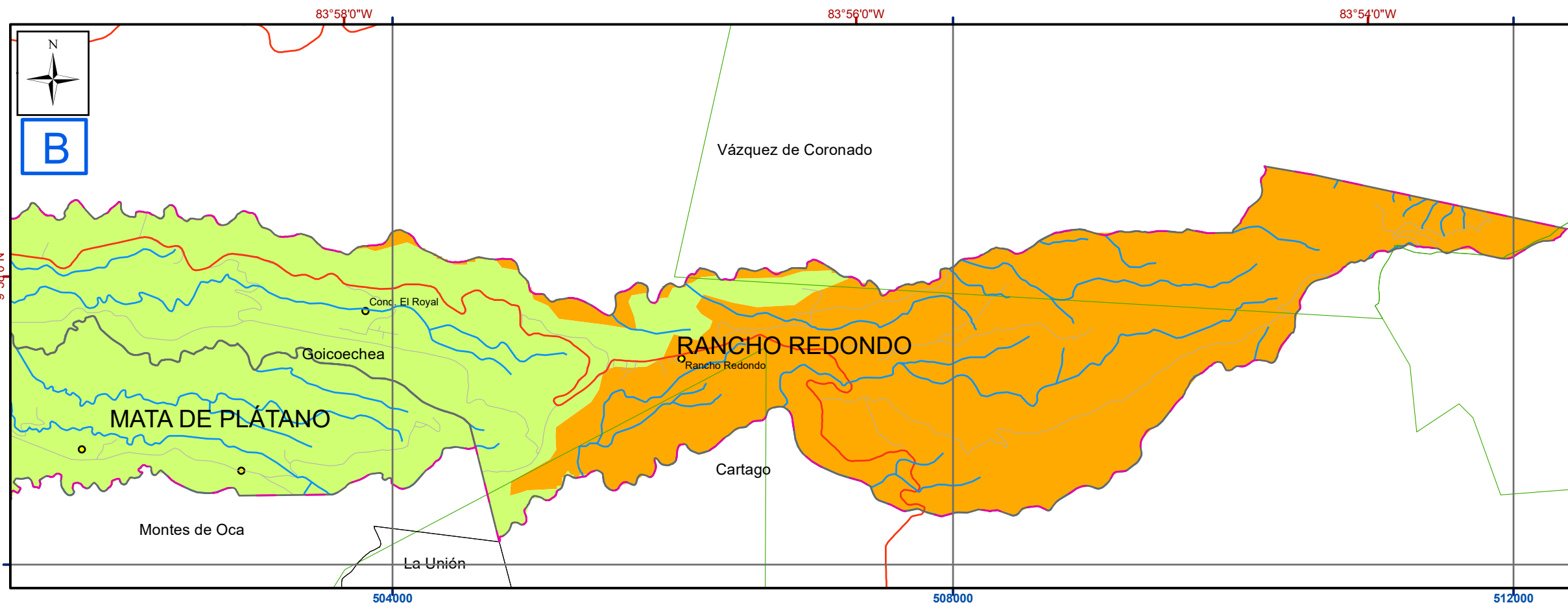
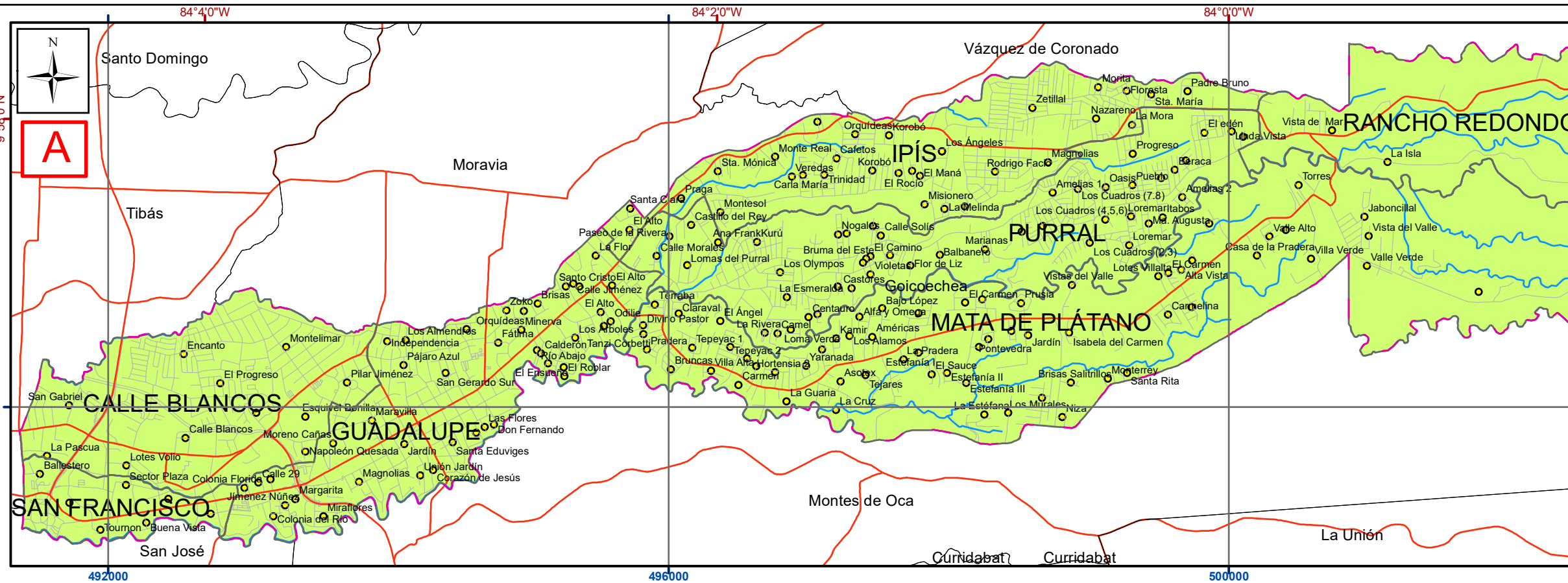




Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- ┌ └ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 2
- 4

Mapa 1.3-6. Geoaptitud. Hidrogeoaptitud. Valor IFA del índice GOD en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Paola Alvarado Piedra

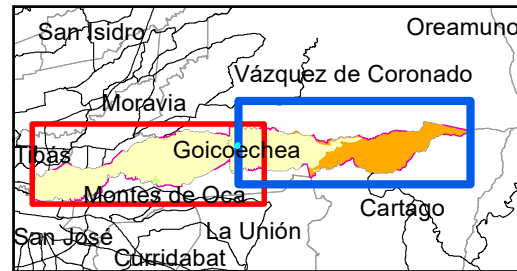
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

Transversal Mercator 05 (CRTM05)

Coordenadas geográficas

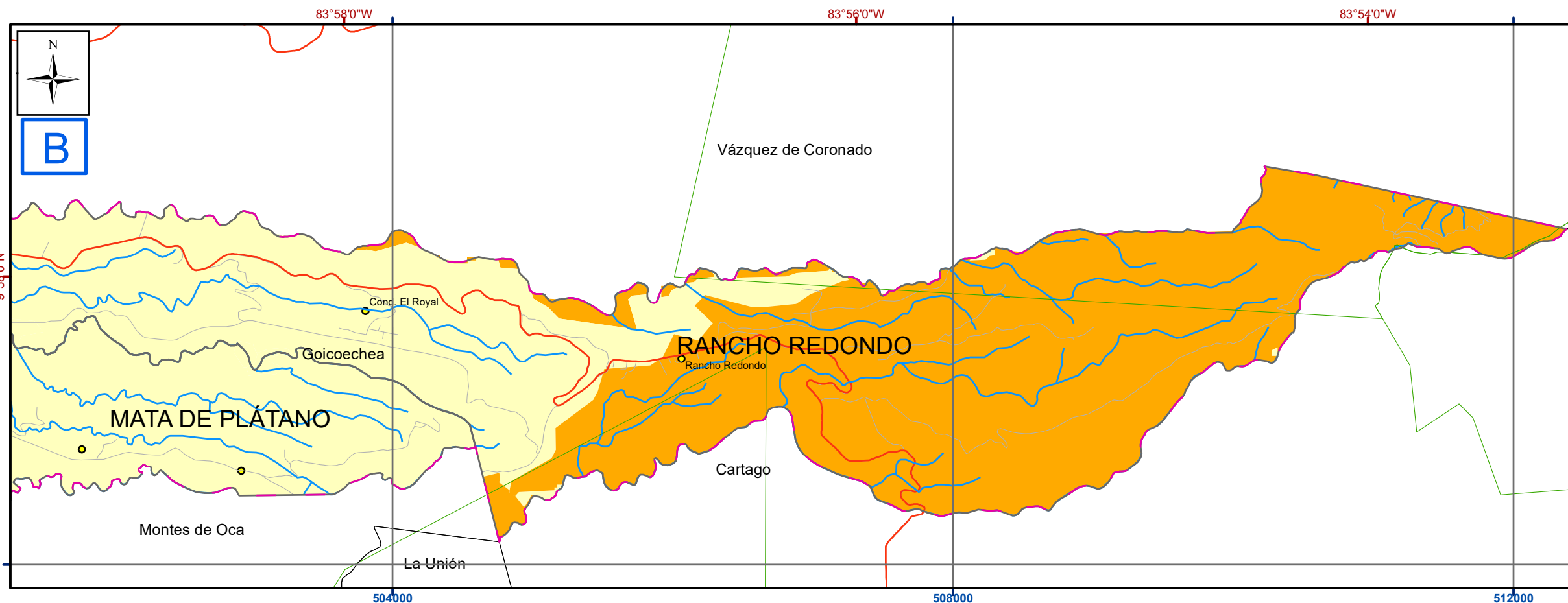
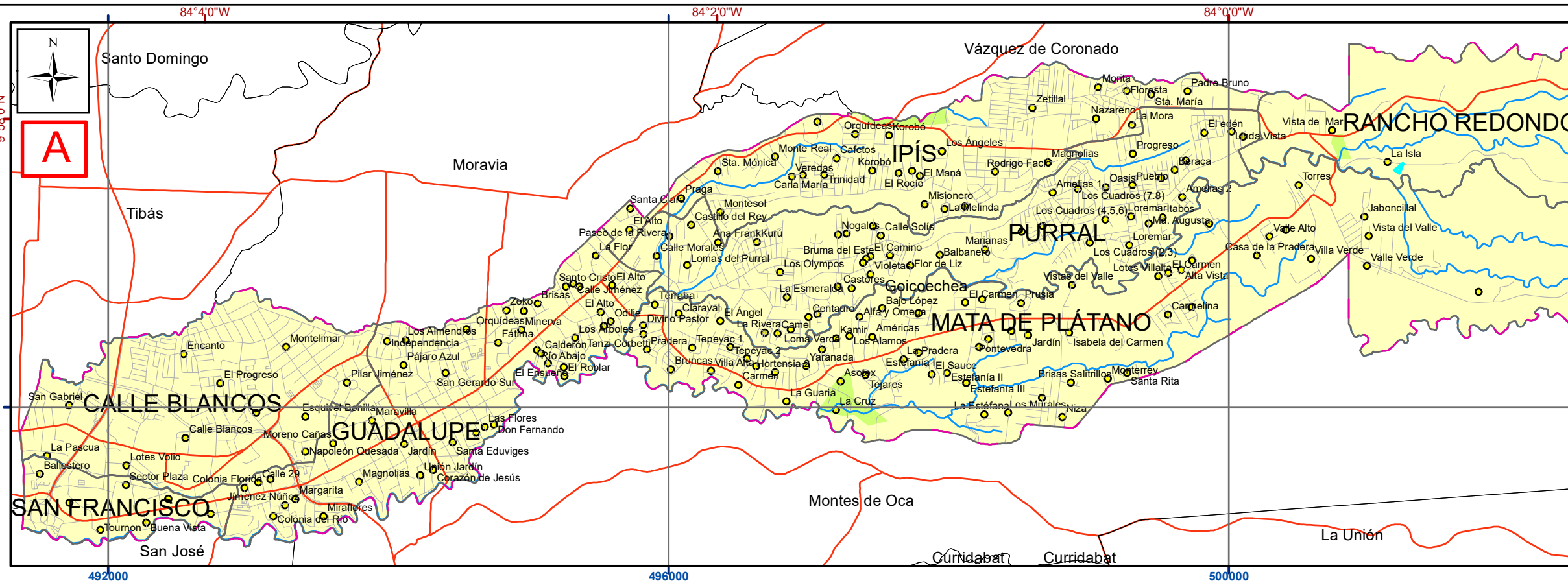




Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

Limite distrital

Cantones

ASP

Ríos

Red Vial Nacional

Carreteras municipales

Poblados

Factor Hidrogeológico

IFA

2

3

4

Mapa 1.3-12. Geoaptitud. Hidrogeoaptitud. Factor hidrogeológico integrado del cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Paola Alvarado Piedra

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



1.4. Factor estabilidad de laderas (deslizamientos)

En este factor, el Decreto reúne diez variables, con las cuales se pretende determinar alguno de los componentes que intervienen en los procesos que activan y condicionan los deslizamientos; éstas son:

- Espesor de suelos
- Condiciones de precipitación promedio mensual
- Categoría de pendientes
- Factor de sismicidad
- Tipo de cobertura vegetal
- Presencia de fallas geológicas activas o potencialmente activas
- Importancia de los procesos de erosión
- Importancia de los procesos de sedimentación
- Zonas de importancia hidrogeológica
- Dirección del talud respecto a la dirección dominante de lineaciones

A estas variables se les asigna un valor de acuerdo con la tabla de correspondencias incluida en los anexos del Decreto N°32967. Una vez que estos valores son normalizados, el resultado describe la susceptibilidad a los deslizamientos, en donde: (1) es un valor crítico que indica una alta susceptibilidad al deslizamiento y (5) es un valor de muy baja susceptibilidad. Asimismo, el Decreto solicita incluir un mapa de unidades geomorfológicas, para lo cual se usó el construido para el factor litopetrofísico (Mapa 1.1-2).

Los deslizamientos son procesos mecánicos en los cuales, por el efecto de un disparador, la resistencia de los suelos a la falla por cortante es reducida, hasta que las cargas aplicadas sobre el talud empujan una masa del suelo en la dirección de la pendiente. La forma de la superficie de corte y el volumen de material liberado varía en función de múltiples parámetros.

Para estudiar este fenómeno la geotecnia ha desarrollado decenas de métodos, mayormente basados en modelos en dos dimensiones donde la cara de la montaña o talud es reducida a una sección transversal, en la cual se realizan una serie de consideraciones según el método. Según las consideraciones y los datos disponibles varía la rigurosidad de los métodos. Este tipo de modelación es difícil de volcar a un estudio espacial, tal como lo requiere el análisis IFA, debido a que dentro de un cantón es posible definir infinidad de secciones transversales y a cada una de ellas habría que realizarle la propuesta de sección transversal y aplicar el modelo elegido.

Algunas de las variables necesarias para el cálculo de este factor se obtienen de otras secciones donde son explicadas de acuerdo con el contexto de la agrupación a la que pertenecen. En la siguiente tabla se menciona la sección en la cual se detalla el cálculo y análisis de dichas variables.

Tabla 1-24. Variables descritas en otras secciones

Variable	Sección	Número de mapa
Espesor de suelos	Factor Litopetrofísico (IFA Geoaptitud)	1.1-7
Factor de sismicidad	Factor Amenazas Naturales (IFA Geoaptitud)	1.5-2
Tipo de cobertura vegetal	IFA Bioaptitud	3.5
Presencia de fallas geológicas	Factor Amenazas Naturales (IFA Geoaptitud)	1.5-3
Importancia de los procesos de erosión/sedimentación	Factor Geodinámica Externa (IFA Geoaptitud)	1.2-4 y 1.2-5
Zonas de importancia hidrogeológica	Factor Hidrogeología (IFA Geoaptitud)	1.3-7

A continuación, se muestra el diagrama de flujo que resume el proceso de cálculo y asignación de valores a las variables que componen este factor. El diagrama no presenta información contextual adicional. Como se mencionó anteriormente, contiene variables que también se calculan en otros factores como el espesor de suelo (litopetrofísico), la erosión, la sedimentación (geodinámico externo), cobertura vegetal (IFA bioaptitud), sismicidad, fallas activas o potencialmente activas (amenazas naturales) y geoaptitud hidrogeológica.

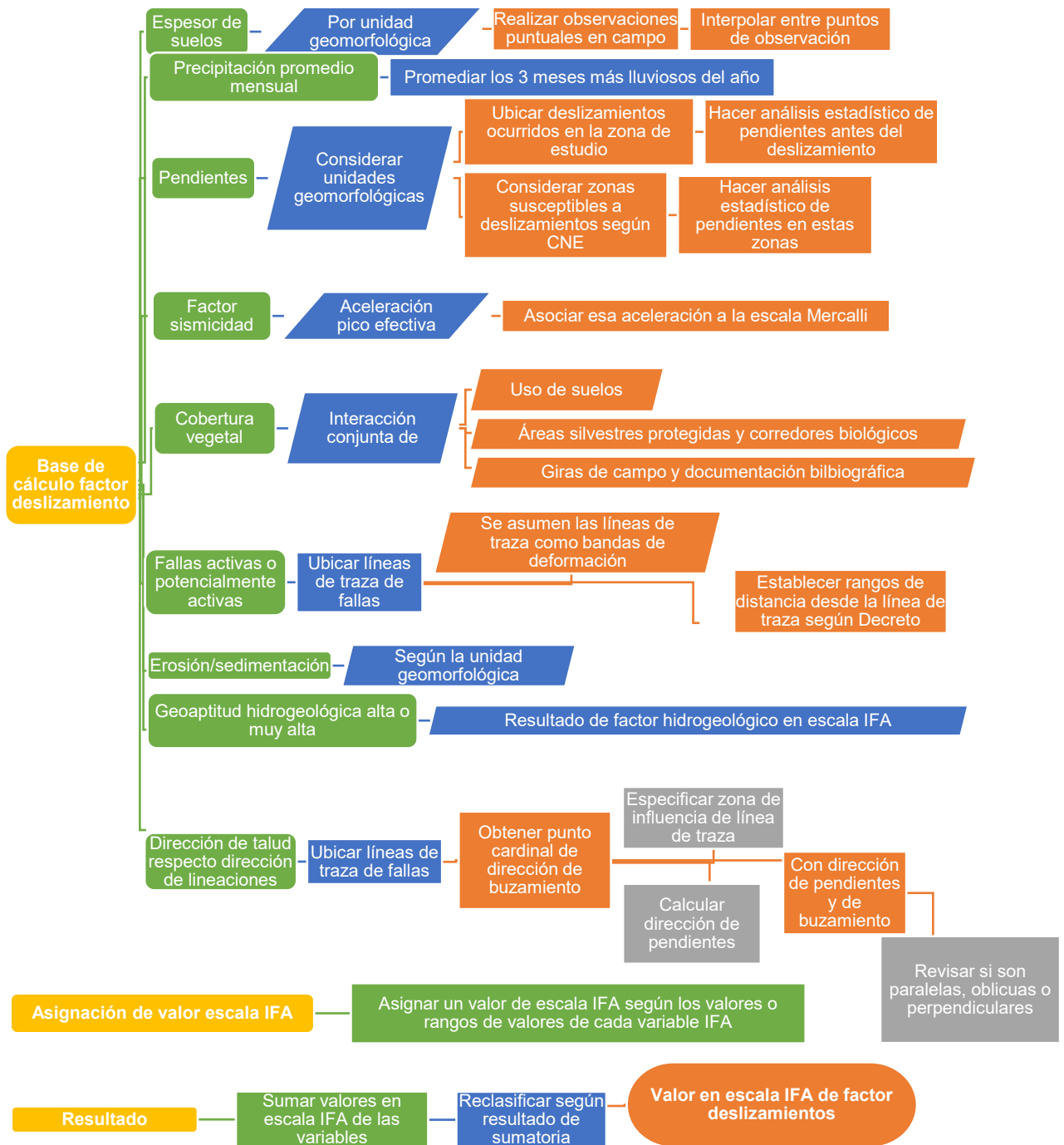


Figura 1-14. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor estabilidad de ladera o deslizamientos

1.4.1. Condiciones de precipitación promedio mensual

El análisis del efecto de la lluvia como un condicionante y disparador de los eventos de deslizamiento es primordial en cualquier modelación que se realice sobre esta temática, especialmente en un país tropical con altas precipitaciones e intensidades. Para la contemplación del efecto de la lluvia, el Decreto solicita que se contemplen los tres meses más lluviosos del año y con base en la precipitación media mensual se asigna un valor a la variable.

Para el cálculo se usó el Atlas Meteorológico del IMN con datos mensuales entre 1960 y 2013. Se revisó para todos los meses la precipitación media anual. A partir de los datos de isoyetas de los mapas publicados por el INM en el SNIT se generó una superficie de lluvia para cada mes en todo el país. Luego se procedió a calcular el acumulado de lluvia mensual para el cantón con el fin de determinar los 3 meses más lluviosos. Del análisis se desprende que los tres meses más lluviosos son agosto, setiembre y octubre. Las precipitaciones promedio mensual se procedieron a clasificar según la siguiente tabla.

Tabla 1-25. Clasificación de la condición de precipitación de los tres meses más lluviosos para el cálculo del factor deslizamientos

Variable	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
Condiciones de precipitación promedio mensual para los tres meses más lluviosos de la zona	>500	500-400	400-300	300-200	<200

El Mapa 1.4-1 muestra el promedio de los tres meses más lluviosos en el cantón: agosto, setiembre y octubre, y se hace la clasificación de acuerdo con la escala IFA. Se puede apreciar que el sector noreste y suroeste poseen un valor IFA de 1 (muy alto) lo cual los convierte en sitios ambientalmente frágiles ante precipitaciones. Hacia el sector noroeste se denota una franja con valor 2 (alto), la cual se proyecta diagonalmente hacia el sureste, atravesando todo el cantón.

1.4.2. Pendientes

El Decreto N°32967 señala que la variable de pendientes para esta sección debe ser tomada tal cual del factor geodinámica externa (sección 1.2.1). A su vez, el Mapa 1.2-1 muestra los resultados de esta variable.

1.4.3. Dirección del talud respecto a la dirección dominante de lineaciones

La variable dirección de taludes respecto de dirección de lineaciones, refiere al efecto colaborativo que puede darse en un talud, ante una superficie de falla y la discontinuidad generada por una lineación o diaclasa. Para obtener el resultado de factor de lineación se consideran los componentes

tanto geológicos, como dirección de taludes, así como las principales fallas geológicas activas presentes y estructuras como calderas, aportando además lo observado en el campo.

En primer lugar, se tomó como base el mapa geológico, cada unidad geológica se ha subdivido en relación con la dirección preferencial del talud, el cual ha sido dado por la dominancia del patrón hídrico local para las diferentes zonas del cantón. Además, se consideró la presencia o cercanía de fallas geológicas neotectónicas importantes en la zona. En el Mapa 1.4-2 se muestran los resultados de esta variable.

1.4.4. Factor estabilidad de laderas integrado

Se procede a calcular el factor integrado mediante la suma de las diez variables mencionadas inicialmente, así como la posterior reclasificación.

Cabe recordar que la sumatoria y la reclasificación se ajustan a lo señalado en el Decreto. Específicamente para este factor, al reunir diez variables, el valor máximo obtenible sería de 50; por lo tanto, la reclasificación de la sumatoria se ajusta a la siguiente tabla.

Tabla 1-26. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del factor estabilidad de laderas o deslizamientos

Sumatoria de las 10 variables	Categoría	Valor reclasificado
10-17	Muy Alto	1
18-25	Alto	2
26-33	Moderado	3
34-41	Bajo	4
42-50	Muy Bajo	5

El Mapa 1.4-3 muestra el resultado obtenido. De acuerdo con este mapa, la fragilidad por estabilidad de laderas es baja en la mayoría del cantón. Conforme la topografía se vuelve más quebrada hacia el este del cantón se pasa a valores de fragilidad moderados en los cañones de los ríos y en la parte más alta al este del cantón las zonas de fragilidad moderada son más frecuentes. Finalmente es esta zona este del cantón se muestran algunas zonas de fragilidad alta.

Limitaciones y potencialidades técnicas

A continuación, se presentan las principales limitaciones y potencialidades de este factor, las cuales se desprenden de la representación de las variables y las interacciones que se dan entre ellas. Las limitaciones y potencialidades están asociadas únicamente al conjunto de variables que forman parte de este factor, así, es posible que en una localización este factor no represente una limitación significativa, mientras que para otro factor o eje IFA sí se encuentren limitaciones significativas al desarrollo humano.

Tabla 1-27. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor estabilidad de laderas

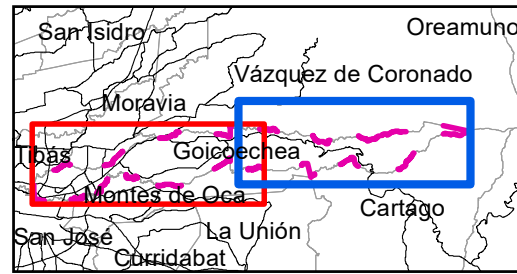
IFA	Limitaciones	Potencialidades
1	Zonas de coronas de deslizamiento en el mapa de la CNE, en estas zonas debe evitarse el desarrollo de actividades humanas	Regeneración de bosque
2	Zonas de alta pendiente, fragilidad por precipitación y fallas geológicas	Zonas con potencial para protección de recursos naturales y actividades conexas como ecoturismo y otras actividades de muy bajo impacto
3	Zonas de alta pendiente y alta precipitación	Zonas con potencial para protección de recursos naturales y desarrollo de actividades de bajo impacto y baja densidad.
4		Zonas aptas para el desarrollo residencial y urbano de media y alta densidad.

Certidumbres técnicas

Seguidamente se presenta la tabla de certidumbres técnicas para este factor. El valor estimado de certidumbre fue de **317**, lo cual lo coloca en un valor muy alto de certidumbre.

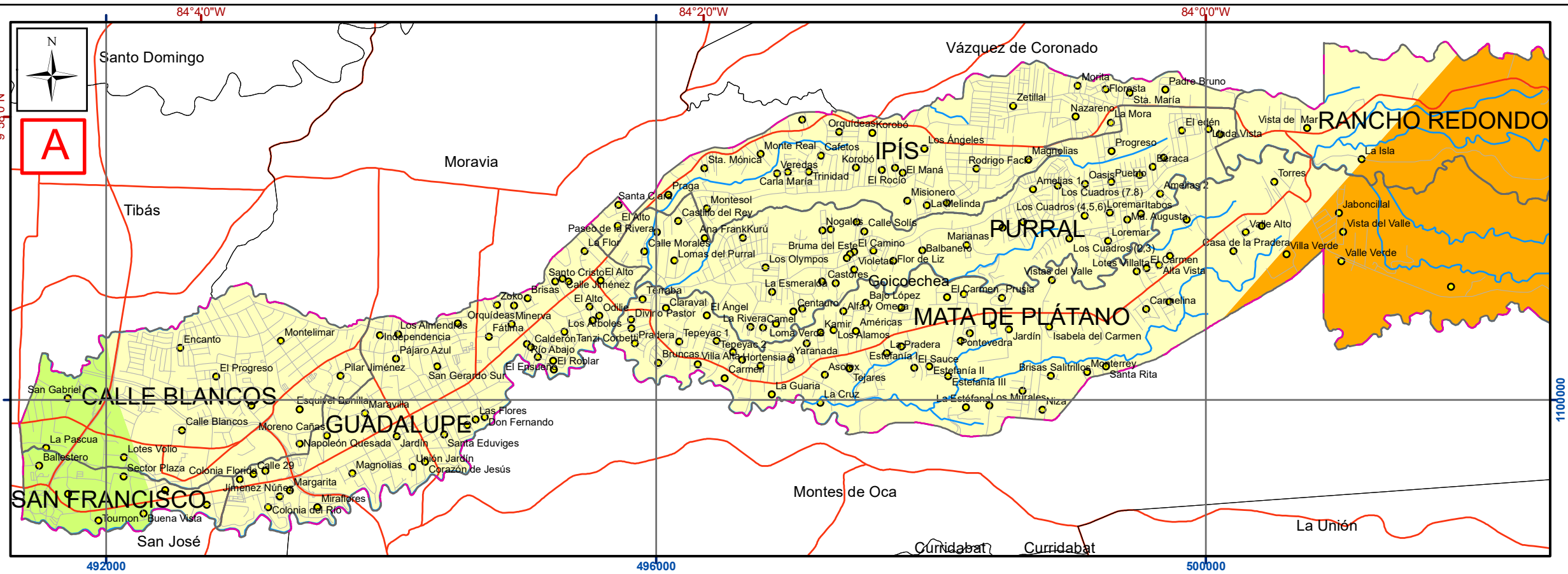
Tabla 1-28. Certidumbres técnicas del factor estabilidad de laderas

Criterios y su peso	Valores				
	Muy alto (5)	Alto (4)	Moderado (3)	Bajo (2)	Muy bajo (1)
Pendiente (9)	45				
Espesor del suelo (8)	40				
Precipitación promedio 3 meses más lluviosos (7)	35				
Cobertura vegetal (8)		32			
Procesos de erosión (6)	30				
Procesos de sedimentación (4)	20				
Sismicidad regional (7)		28			
Dirección del talud con respecto a las lineaciones dominantes (7)	35				
Presencia de fallas geológicas (8)		32			
Zonas de geoaptitud hidrogeológica (4)	20				
Sumatoria	225	92	0	0	0
Resultado final	355 - 299	298 - 242	241 - 185	184 - 128	127 - 71



Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

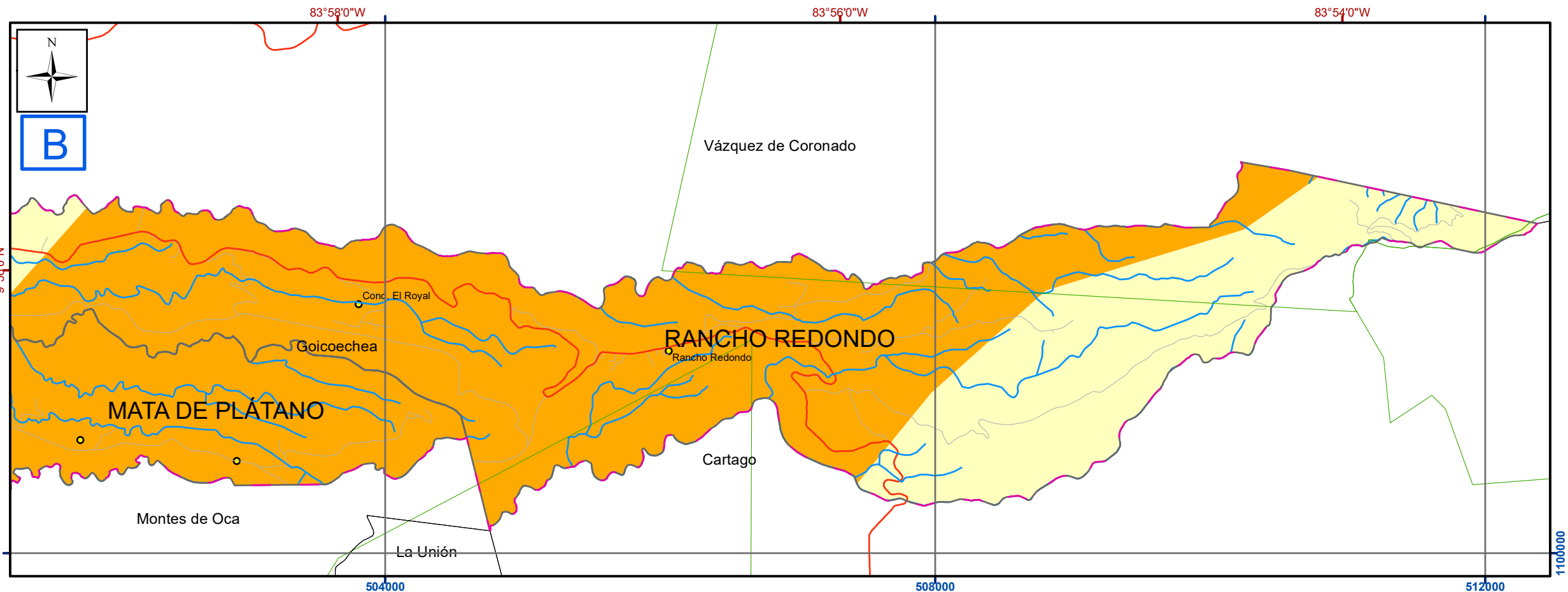


Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 2
- 3
- 4



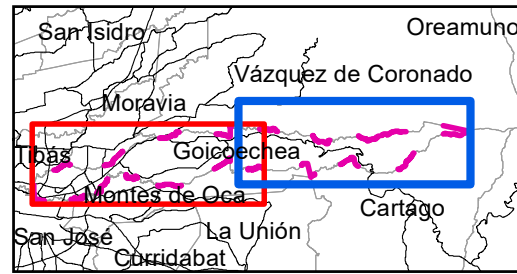
Mapa 1.4-1. Geoaptitud. Estabilidad de ladera. Tres meses más lluviosos en el cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020. Profesionales responsables: Ing. Jonathan Agüero Valverde

0 250 500 1 000 1 500 Metros

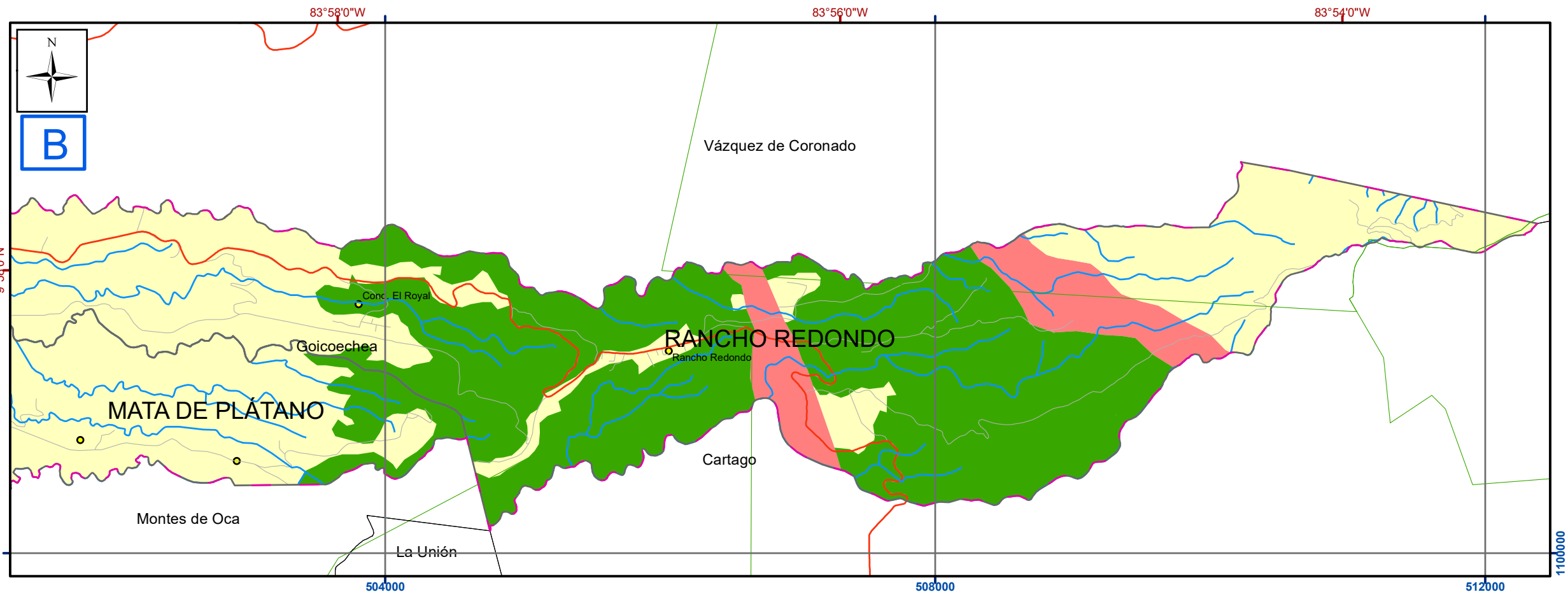
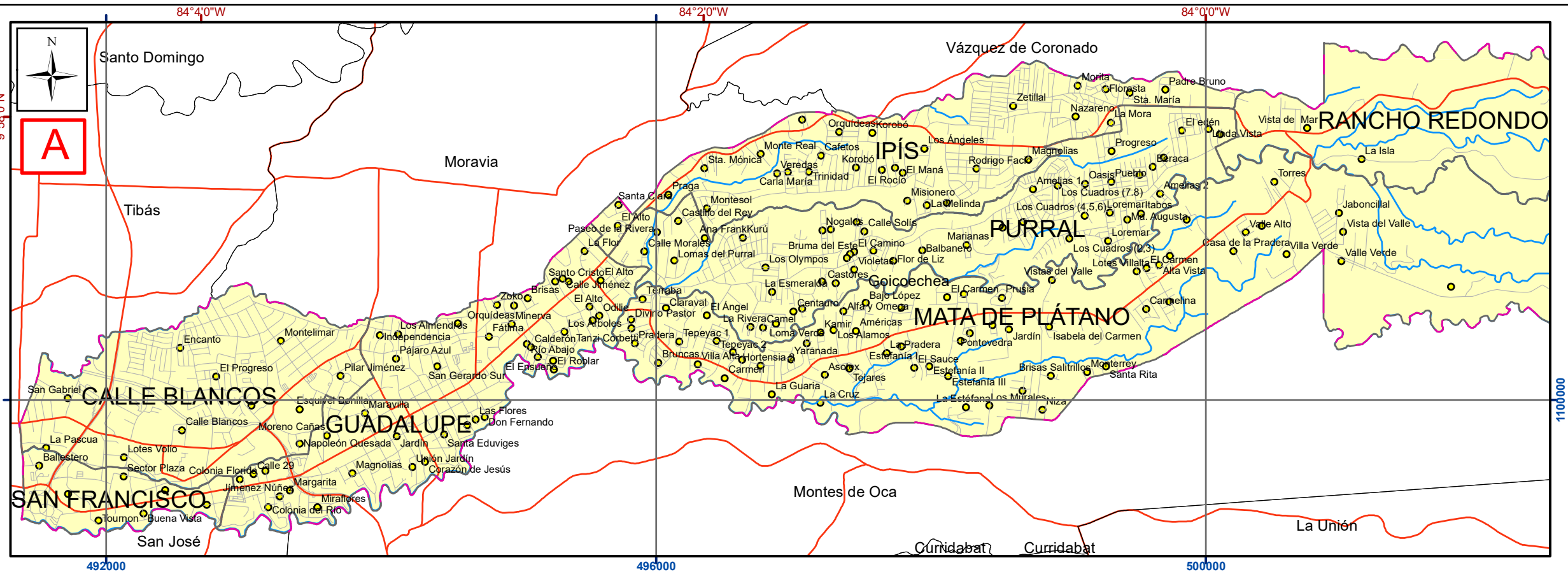
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

▭ Limite distrital

▭ Cantones

▭ ASP

▬ Ríos

▬ Red Vial Nacional

▬ Carreteras municipales

● Poblados

IFA

1

3

5

Mapa 1.4-2. Geoaptitud. Deslizamientos. Dirección de talud respecto a dirección de lineaciones. Cantón de Goicoechea.

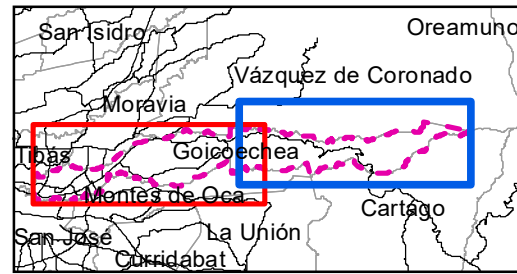
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

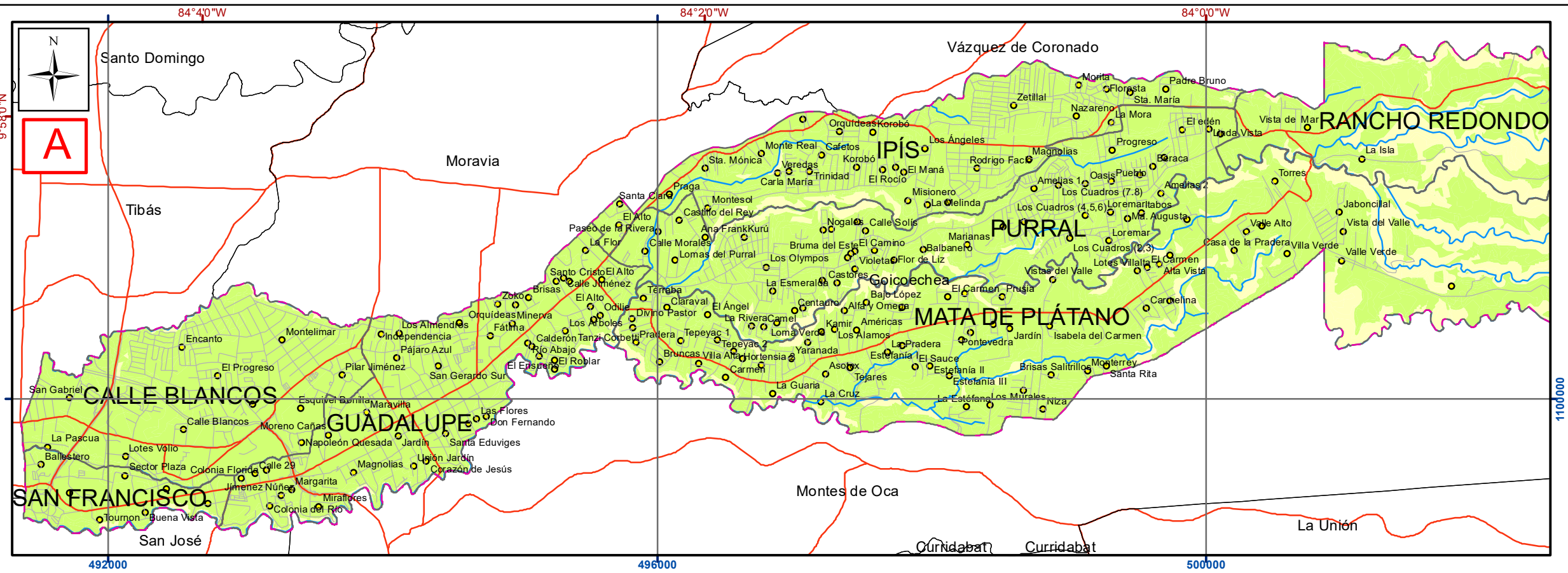
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



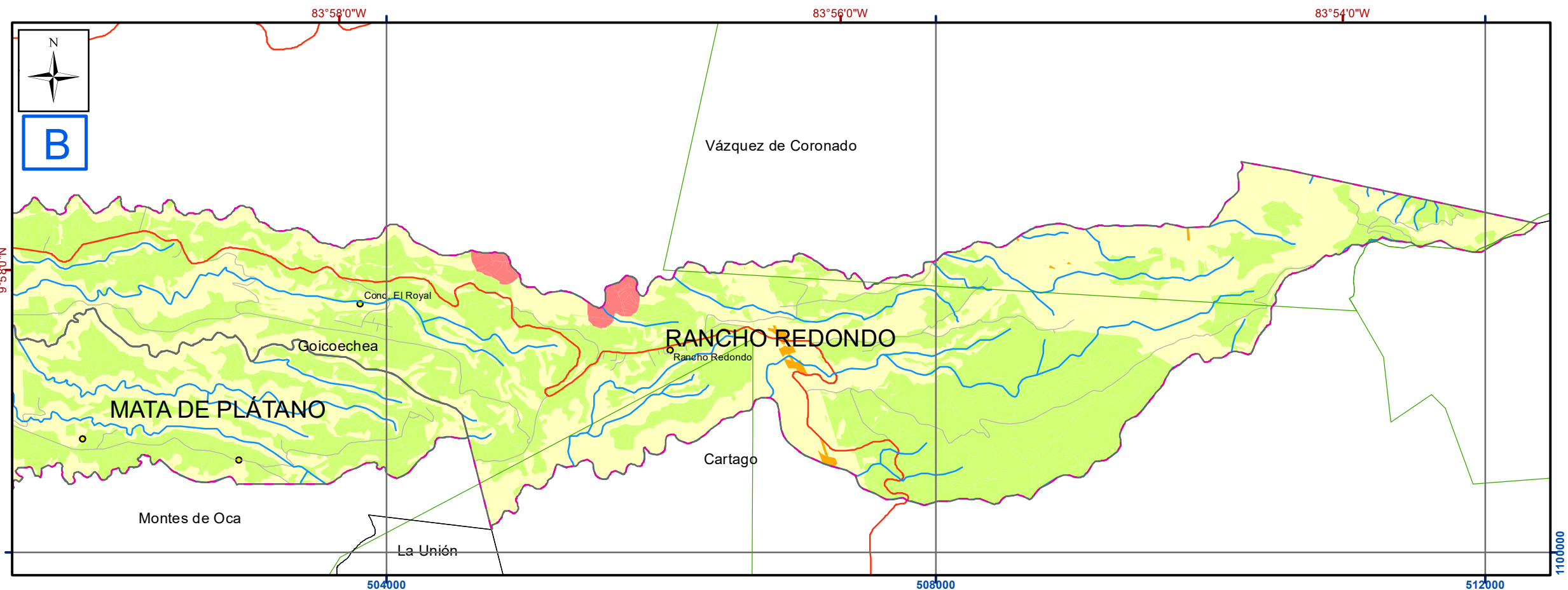
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Estabilidad de Laderas

IFA

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Mapa 1.4-4. Geoaptitud. Estabilidad de ladera. Factor deslizamiento integrado en el cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT- CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



1.5. Factor amenazas naturales

Geólogo José Daniel López

Este factor comprende algunos fenómenos o procesos fortuitos que modelan la superficie terrestre. Se evalúan siete variables que son:

- Sismicidad regional
- Sismicidad local
- Potencial de licuefacción
- Fallas activas
- Amenaza volcánica
- Tsunami
- Inundaciones

A continuación, se describe el procedimiento seguido para calcular cada una de ellas. Además, se incluye el diagrama de flujo que resume el cálculo de cada variable.

Al igual que en otros factores del IFA geopotitud, para el cálculo de amenazas naturales, no se presenta información contextual. Todas las variables se obtienen de registros históricos y de información geográfica del área de estudio.

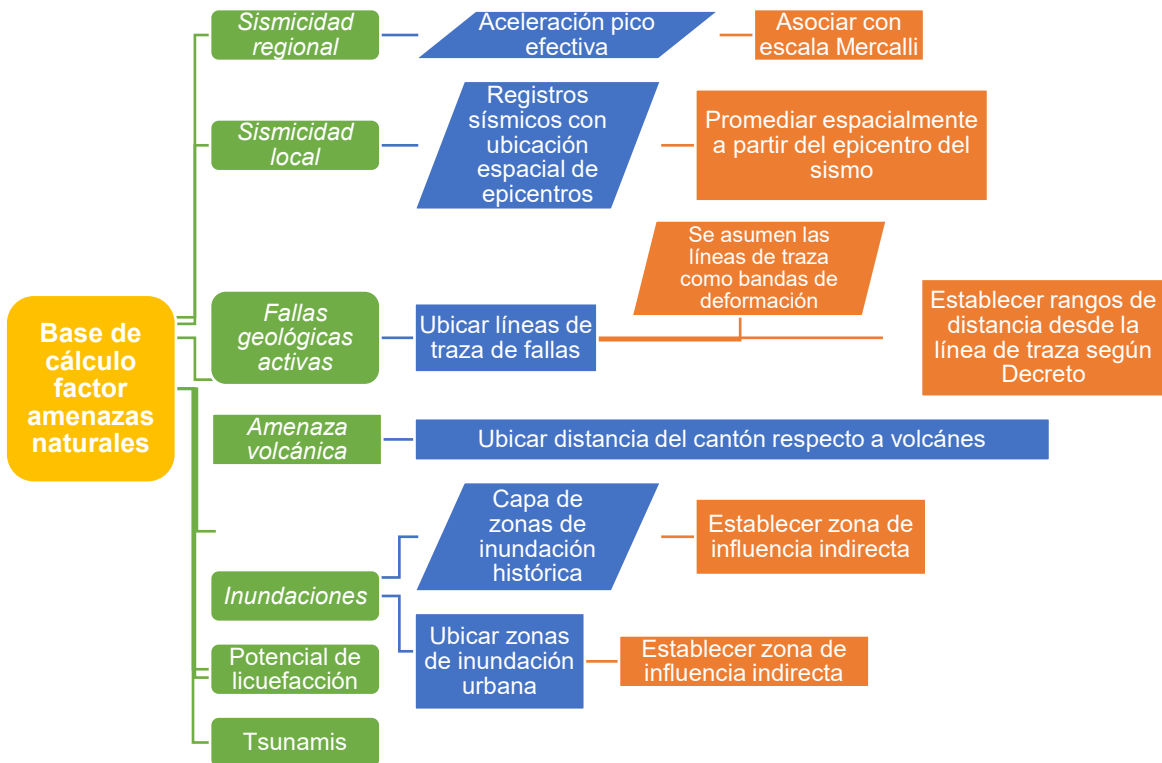


Figura 1-15. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del factor amenazas naturales

1.5.1. Sismicidad regional

Por su conformación sismotectónica y proximidad a límites convergentes de placas, Costa Rica se caracteriza por poseer una alta sismicidad de magnitud intermedia ($5,0 < M < 7,7$), que ha sido la causante de la ocurrencia de muchos sismos destructivos a lo largo de su historia. El último importante de ellos ocurrió en el año 1991 con una magnitud Mw 7,6 (Terremoto de Limón) que impactó severamente la región Caribe del país, causando daños en un área de 8 000 km², que incluyen el 80% del territorio costarricense y el 20% del de Panamá. Los daños y pérdidas más notables ocurrieron en líneas vitales, incluyendo carreteras, ferrocarriles, puentes, puertos y acueductos. En el país, fue necesario reconstruir 309 km de carreteras. En total los daños (en Costa Rica) ascendieron a 21 991,9 millones de colones.

Zonas con actividad sísmica importante incluyen el Cinturón Deformado del Norte de Panamá y la Zona de Fractura de Panamá. El potencial de daños de los sismos de la cadena volcánica es mayor que los de la zona de subducción por su foco somero y proximidad a centros poblados importantes.

Con respecto al cantón de Goicoechea, éste se caracteriza por ubicarse dentro de una zona que es atravesada por el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), el cual ha sido interpretado como el límite entre la placa Caribe y la microplaca de Panamá (e.g. Marshall et al., 2000; Montero, 2001). El CDCCR incluye en una zona de ~100 km de ancho. Fallas y pliegues neotectónicos de diversa geometría que transfieren desplazamientos entre los bloques tectónicos de la zona (Montero, 1994, 2001; Marshall et al., 2000). El origen del CDCCR puede estar asociado con la colisión del levantamiento del Coco con el sureste de Costa Rica y la subducción de corteza oceánica engrosada, los cuales provocan el desplazamiento de la microplaca de Panamá con respecto de la placa Caribe (Marshall et al., 2000; Montero, 2001). Desde 1900, el CDCCR ha sido la fuente de 20 sismos destructivos incluyendo el que devastó la ciudad de Cartago en 1910 (6,1 Ms) que con un saldo de 300 víctimas, constituye el peor desastre de la historia de Costa Rica (Montero y Miyamura, 1981; Montero, 2010; Peraldo y Montero, 2010; Alonso-Henar et al., 2013;

Para la amenaza sísmica Regional del cantón de Goicoechea, el presente estudio se basa en el trabajo de Climent et al (2008), en el cual los autores realizan un cálculo de la amenaza sísmica siguiendo un método probabilista zonificado. Para ello definieron, en una fase inicial, las entradas de cálculo a la amenaza, entre las que se encontraban: La Elaboración de un catálogo sísmico completo y homogeneizado a magnitud momento, Mw. La definición de un modelo de zonas sismogénicas para el país, y la selección de las leyes de atenuación o modelos de movimiento fuerte a emplear en el análisis.

Con base en los resultados realizados por Climent et al (2008), se determinó que el cantón de Goicoechea se ubica dentro de la zona Sísmica llamada Cordillera Volcánica Central y Valle Central (área C6).

Cordillera Volcánica Central y Valle Central (área C6)

Esta zona sísmica Incluye una serie de fallas distribuidas a lo largo del eje volcánico central de Costa Rica y en diversos sectores del Valle Central, limitando al sur con las estribaciones de la cordillera de Talamanca. En el sector este y noreste, se localiza el sistema de falla de Cipreses, con la que se asocia el terremoto de Tres Ríos de febrero de 1912 (Ms 5,0). Otro es el sistema de falla Lara, que representa una amenaza para poblaciones en el sector oeste y suroeste de las estribaciones del volcán Irazú. El terremoto del 2 de septiembre de 1841, que causó una enorme destrucción entre Cartago y San José, puede estar relacionado con esta falla (Peraldo y Montero, 1999). En esta zona ocurrió el terremoto de Patillos del 30 de diciembre de 1952 (Mw 6,3) (Montero y Alvarado, 1995). En la cima de los volcanes Irazú y Turrialba se ubican las fallas Irazú y la Ariete en las que se han generado enjambres en los últimos veinte años (Fernández et al., 1998).

Otra de las fallas que se ubica en dicho sector, es la Virilla, que ha sido relacionada con el terremoto ocurrido el 22 de diciembre de 1990, Mw 6,0. Hacia el sur y sureste de la zona, se ubica un sistema de fallas, que pasa al sur de la ciudad de Cartago, la principal es la Agua Caliente, donde se originó posiblemente el terremoto que destruyó la ciudad de Cartago el 4 de mayo de 1910 (Ms 6,4). Esta falla está conectada hacia el suroeste con el sistema de fallas de Escazú, Belo Horizonte, Aserrí y Jericó (Montero, 2000; Montero et al., 2007).

Amenaza sísmica regional para el cantón de Goicoechea

Climent et al (2008) desarrollan un mapa el mapa de PGA, a nivel de Costa Rica, para periodo de retorno de 500 años, el cual es utilizado en el Código Sísmico de C.R. para efectos de diseño de edificios.

Los resultados indican que para todos los periodos de retorno las mayores aceleraciones pico PGA se predicen en la zona de la fractura de Panamá y en determinadas regiones de la cadena volcánica, donde se suma la influencia de la actividad de fallamiento local junto con la de la zona de subducción. Para la zona de san José y sus alrededores Cliement et al (2008) indican la posibilidad del desarrollo de un único sismo de orden de 6,5 de magnitud y radio de afectación de 15 km a un periodo de retorno de 500 años. La magnitud de este sismo aumenta ligeramente, siendo del orden de magnitud de 7,25 para 2500 años de periodo de retorno.

Con base en estos resultados se establece un mapa de amenaza sísmica regional para el cantón de Goicoechea de tipo moderada (ver Mapa 1.5-1).

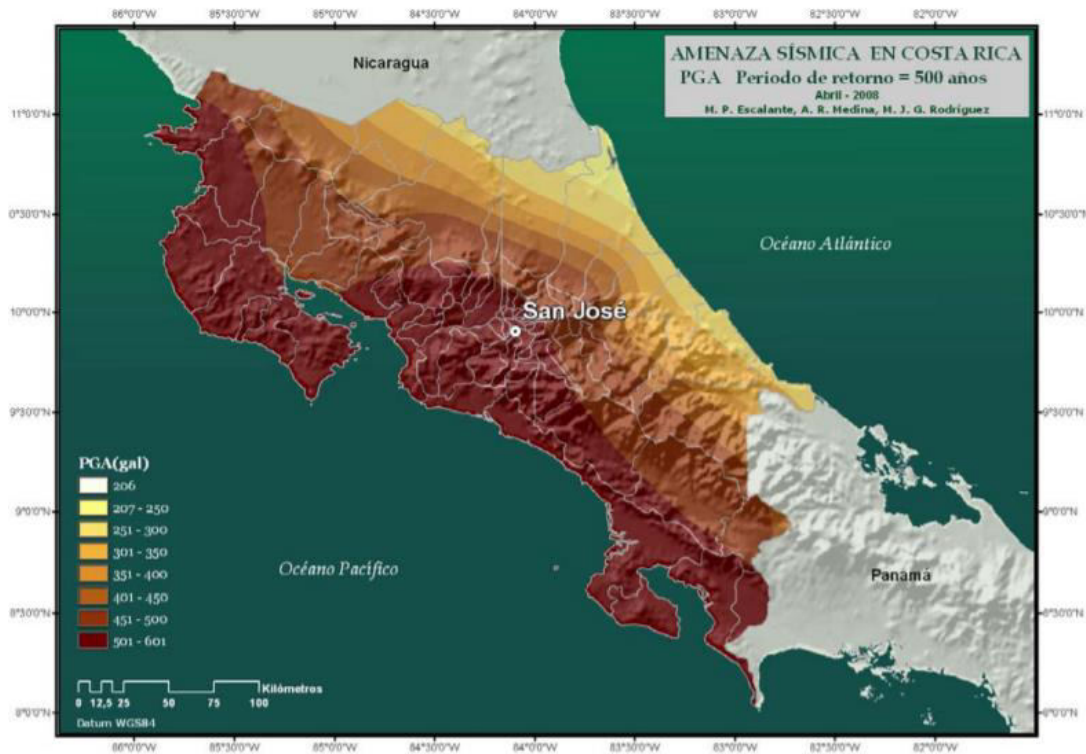


Figura 1-16. Amenaza en términos de PGA para PR=500 años.

1.5.2. Sismicidad local

Registros sísmicos localizados dentro del cantón de Goicoechea

Luego de consultar los registros sísmicos tanto de la Red Sismológica Nacional como del OVSICORI, se reportan muy pocos sismos detectados dentro del cantón desde los años setentas, las magnitudes reportadas para los sismos locales corresponden a valores menores a los 3,2 y profundidades generalmente menores a 10 km de profundidad, lo que implica sismos provenientes de fallas locales, aunque existe un reporte de profundidades de hasta 67 km, el cual estaría relacionado a un sismo de tipo intraplaca, estos sismos no han sido percibidos por la población y presentan un grado de I en la escala de Mercalli, el siguiente cuadro muestra los registros de los sismos recopilados.

Cabe mencionar que los sismos reportados se ubican en tres secciones del cantón, dos en los distritos de San Francisco y Guadalupe, otros dos en el distrito de Ipis, finalmente otros dos sismos en el sector de Rancho redondo. La ubicación de los sismos podría indicar un asociamiento a fallas locales relacionadas al sistema de fallas Cipreses (en el caso de los sismos de ubicados entre Guadalupe e Ipis) y al sistema de fallas Lara (en el caso de los sismos ubicados en el sector de Rancho Redondo).

Tabla 1-29. Registro de los sismos localizados dentro del cantón de Goicoechea

Fecha	Hora	Magnitud Richter	Longitud Crtm05	Latitud Crtm05	Fuente
3/4/2008	Sin registro	2,6 a 10 km de Prof.	508733,75	1100701,9	Ovsicori
1/4/2005	Sin registro	3,2 a 6,8 km de Prof.	507609,36	1100978,3	Ovsicori
23/10/2018	2: 24 am	2,6 a 9 km de Prof.,	498355,43	1102537,0	RSN
16/4/2019	7: 00 pm	2,3 a 10 km de Prof.	497587,86	1100988,7	RSN
24/2/2016	9:28 am	2,6 a 67 km de Prof.	493750,00	1098887,8	RSN
11/6/2016	9: 25 pm	1,8 a 1 km de Prof.	492872,87	1099219,8	RSN

Cálculo de la densidad sísmica dentro del cantón

Como parte del proceso de clasificación para el análisis de amenazas naturales del Potencial sísmico local, se realizó un análisis de densidad de sismos ocurridos dentro del cantón de Goicoechea, esto es el cálculo de sismos reportados por kilómetro cuadrado.

Para calcular la densidad de sismos ocurridos en el cantón por kilómetro cuadrado, se ha utilizado el análisis espacial por medio del software Arcgis y la herramienta análisis de densidad por medio del método de Kernel. La herramienta Densidad kernel calcula la densidad de las entidades (en este caso sismos) en la vecindad de esas entidades (en este caso por kilómetro cuadrado). El algoritmo que se usa para determinar el radio predeterminado de búsqueda (en este caso se realiza por cada kilómetro cuadrado), también conocido como ancho de banda, es el siguiente:

1. Calcular el centro medio de los puntos de entrada.
2. Calcular la distancia desde el centro medio (ponderado) para todos los puntos.
3. Calcular la distancia media (ponderada) de esas distancias, Dm.
4. Calcular el valor de la Distancia estándar (ponderada), SD.
5. Aplicar la fórmula siguiente para calcular el ancho de banda:

$$SearchRadius = 0.9 * \min \left(SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)}} * D_m \right) * n^{-0.2}$$

donde:

- SD es la distancia estándar
- Dm es la mediana de la distancia
- n es el número de puntos cuando no se usa campo de población, o la suma de los valores del campo de población cuando se utiliza.

La densidad kernel calcula la densidad de las entidades de punto de alrededor de cada celda ráster de salida.

Conceptualmente, se ajusta una superficie curva uniforme sobre cada punto. El valor de superficie es más alto en la ubicación del punto y disminuye a medida que aumenta la distancia desde el punto y alcanza cero en la distancia radio de búsqueda desde el punto.

Una vez realizado el cálculo se obtuvo un mapa de densidades sísmicas para el cantón de Goicoechea. Como se puede observar, la escasa cantidad de sismos registrados en el cantón implica un máximo de 3 sismos por kilómetro cuadrado en sectores muy puntuales, siendo en su mayoría la dominancia la ausencia de registro sísmico por kilómetro cuadrado.

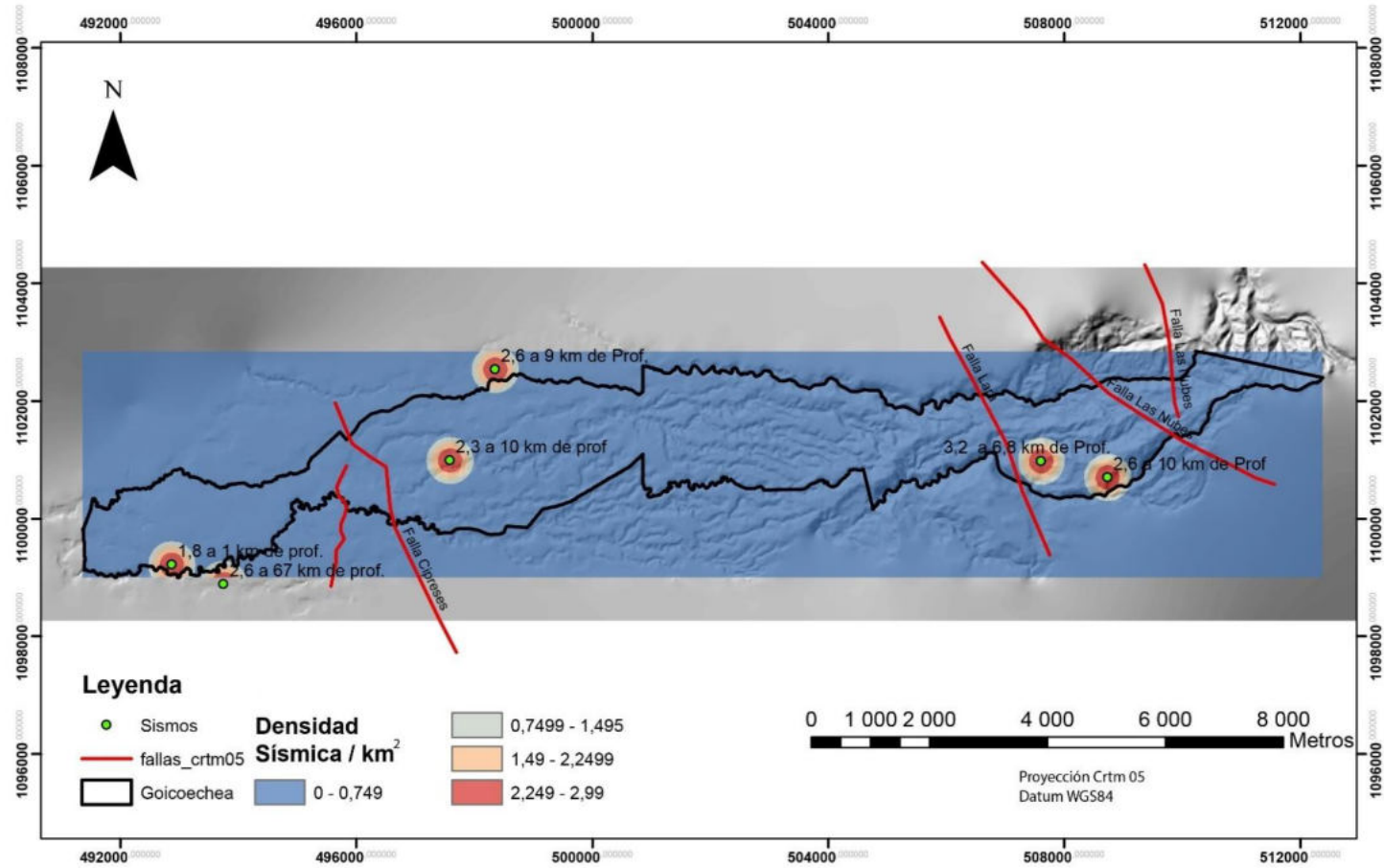


Figura 1-17. Mapa de densidades sísmicas para del cantón de Goicoechea. Los registros se basan en las bases de datos de la RSN y Ovsicori

Resultado Potencial sísmico local

Al ser la densidad sísmica menor a 3 y considerando que los sismos registrados representan magnitudes menores a 3,2 con intensidades según la escala Mercalli de I se considera según la clasificación del IFA un potencial sísmico local para el área de estudio menor a 4 por lo que se clasifica como MUY BAJO.

1.5.3. Potencial de licuefacción

El código de cimentaciones de Costa Rica, basado en lo que mencionan los autores Seed e Idriss, establece que “la licuación es el fenómeno por medio del cual los depósitos no arcillosos, principalmente arenas, pierden temporalmente su resistencia y se comportan más bien como un líquido viscoso en lugar de un sólido”.

Además, establece que: “La licuación se genera en un suelo sin cohesión, flojo y saturado, cuando las ondas sísmicas distorsionan su estructura y aumentan la presión de poros hasta anular las tensiones efectivas”. Adicionalmente, los autores Seed e Idriss, mencionan que el fenómeno de licuación generalmente se produce cuando coinciden las siguientes condiciones: un fuerte sismo (aceleración mayor a 0,15 g), suelo arenoso mal graduado con menos de un 20% de finos, tenerse un estrato mayor a un metro de profundidad de este tipo de material bajo el nivel freático.

Para el análisis del potencial de Licuefacción para el cantón de Goicoechea se ha seguido una metodología basada en un análisis del mapa de texturas de suelo, realizado por López-Oviedo (2015), dicho autor realiza una zonificación de los suelos del área con base en muestreos de suelo y resultados de laboratorio, así como su correlación con la geomorfología del cantón. Con base en dicho mapa, se realizó un análisis contemplando criterios geomorfológicos, aspectos observados en el campo e información histórica, para dar como resultado el mapa de potencial de licuefacción del cantón de Goicoechea.

Mapa de suelos del cantón de Goicoechea

López-Oviedo (2015) realiza un mapa de suelos del cantón de Goicoechea, este se basó en una serie de muestreos, los cuales fueron procesados en el laboratorio INTA del MAG. Para la realización de dicho mapa el autor optó por una interpretación basada en la geomorfología de la zona, aplicando lo que se conoce como geopedología.

La geopedología se refiere a las relaciones entre geomorfología y pedología, con énfasis en la contribución de la primera a la segunda. Es un enfoque dirigido al levantamiento de suelos, combinando criterios geomorfológicos y pedológicos, para establecer unidades de mapeo y analizar la distribución de los suelos en el paisaje. La geomorfología provee los contornos de las unidades de mapeo (el conteniente), mientras que la pedología suministra los componentes taxonómicos de las unidades de mapeo (el contenido) (Zinck, 2012).

Con base en este principio López-Oviedo (2015) delimita zonas que, con características geomorfológicas similares, (principalmente basándose en la pendiente y tipo de drenaje) y a dichas zonas se les adjudicó el valor de la muestra de suelo más cercana. A continuación, se muestra el mapa de suelos del cantón de Goicoechea.

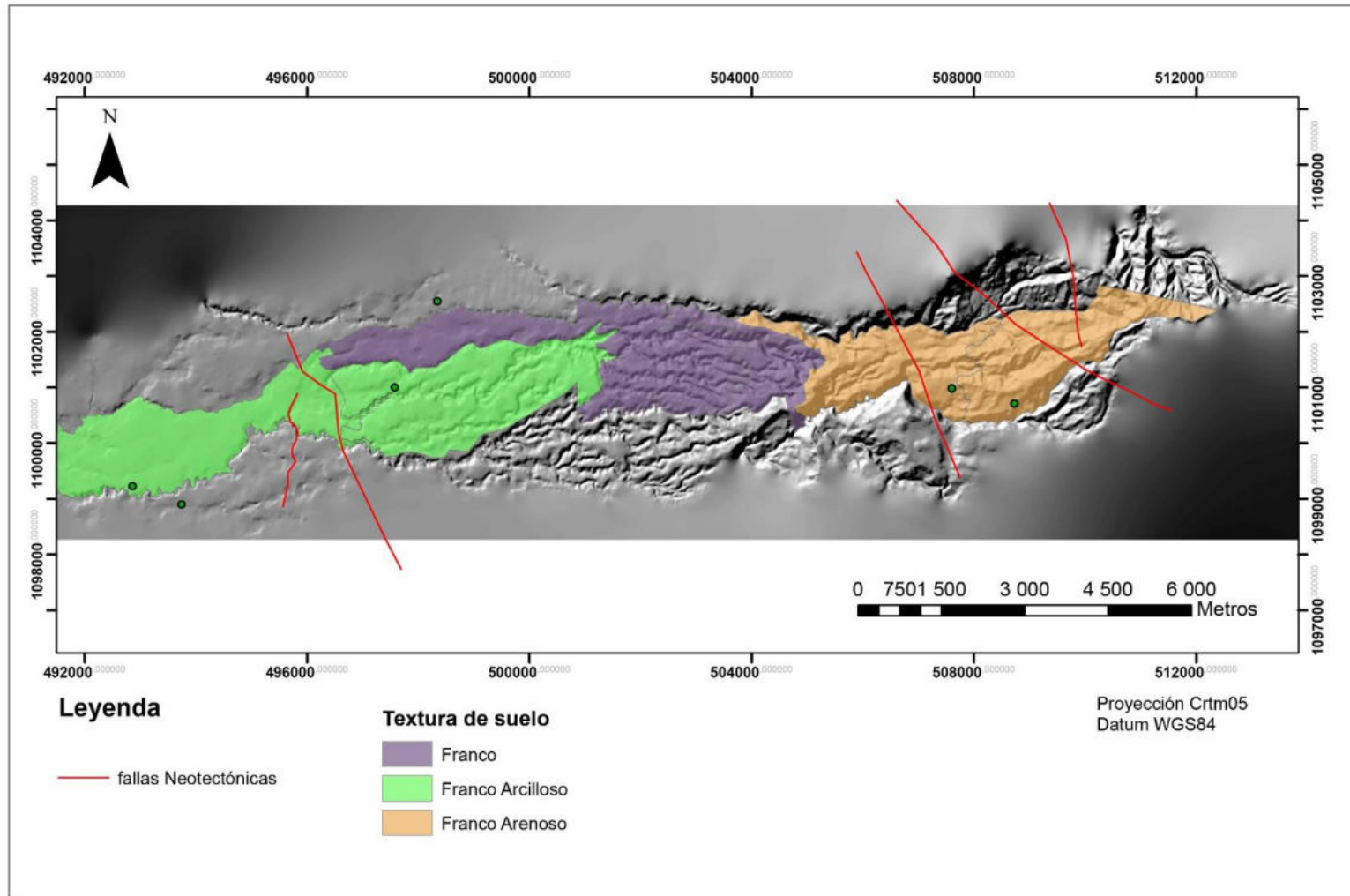


Figura 1-18. Mapa de textura de suelo del cantón de Goicoechea.

Fuente: López-Oviedo (2015)

El mapa de suelo, indica que en las partes montañosas domina la presencia de suelos franco arenosos con un contenido de finos mínimo de 40%, relacionados con las capas de piroclastos asociadas a las formaciones Sapper y Reventado, y son producto de las actividades más recientes del volcán Irazú. Sin embargo, conforme la topografía disminuye las texturas de suelos cambian a francas (relación arenas, arcillas y limos. Cercanas al 50%), para finalizar a texturas Franco arcillosas (con porcentajes mayores al 60% de finos).

Esta clara tendencia en la disminución de la granulometría de los suelos, siendo estos más gruesos en la partes altas debido a la recientes actividades volcánicas del Irazú, sin embargo la disminución del tamaño en las partes centrales del área, indica un proceso de erosión y maduración de los suelos producto de la pendiente, esto es porque en las zonas altas , existe una tendencia a la erosión , los suelos son transportados y depositados en las partes bajas en donde tienen más tiempo para meteorizarse y generar partículas más finas.

Con respecto al análisis de potencial de Licuefacción de suelos, se pueden separar dos sectores, el primero conformado por los suelos de tipo Franco Arcilloso y Franco, ubicados en los sectores oeste y central del cantón no tienen un alto potencial a este fenómeno debido a la alta concentración de finos presente en su textura.

El segundo sector el cual está conformado por suelos Franco arenosos, posee un mayor porcentaje de arenas en su composición, sin llegar el porcentaje de finos a ser menor del 20% (aspecto que se considera importante para la generación del fenómeno). Sin embargo, en primera instancia esta sección tendría una mayor posibilidad de desarrollar el fenómeno, por lo que se analizarán otros aspectos para considerar su potencial.

Análisis de la geomorfología en la incidencia del proceso de licuefacción

Este método establece una correlación entre los sitios donde ha ocurrido licuación y criterios geológicos y geomorfológicos. Con la ayuda del criterio se pueden inferir áreas probables de susceptibilidad de licuación. Un ejemplo es la clasificación de Iwasaki et al (1982), quienes, a partir del análisis de terremotos históricos en Japón, desarrollaron un criterio de análisis de licuación a partir de las unidades geomorfológicas (Batalla, 2002), el cual se resume en la siguiente tabla.

Tabla 1-30. Susceptibilidad a la licuefacción de las unidades geomorfológicas.

Rango	Unidad Geomorfológica	Potencial de Licuación
A	Depósitos recientes y antiguos de ríos, pantanos, tierras inundadas.	Probabilidad alta de Licuación.
B	Abanicos, dunas de arena, llanuras de inundación, playas y otras planicies.	Posibilidad de Licuación.
C	Terrazas, colinas y Montañas.	Muy baja probabilidad de licuación.

Analizando las características de potencial de licuefacción en función a la geomorfología, se observa cómo, a pesar que de la zona alta del cantón de Goicoechea presenta suelos con cierto porcentaje de arenas, debido a su alta pendiente generalmente mayor a 35° (ya que se ubica dentro de la unidad Geomorfológica Volcánica denudacional de Alta Pendiente), poseen muy baja probabilidad de licuefacción.

Registros históricos de potencial de amenaza de licuefacción en el cantón de Goicoechea

Se realizó una investigación sobre eventos de licuefacción dentro del cantón de Goicoechea; sin embargo, dentro del mapa de amenazas naturales de la Comisión Nacional de Emergencias no se indica la presencia de este fenómeno dentro del cantón. Además, no se encuentran evidencias bibliográficas que indiquen eventos históricos relacionados a la formación de licuefacción en el sector estudiado.

Generación del mapa de amenaza por licuefacción

Con base en los resultados obtenidos provenientes del mapa de texturas de suelo, así como las características geomorfológicas de la zona de estudio y de acuerdo con los registros históricos del fenómeno en la zona de estudio, se desarrolló el mapa por amenaza por licuefacción. Éste se dividió en dos sectores:

El primero conformado por los suelos de tipo Franco Arcilloso y Franco, ubicados en los sectores oeste y central del cantón con pendientes de bajas a moderadas, esta zona se ha categorizado con un potencial de Licuefacción MUY BAJO.

El segundo sector el cual está conformado por suelos franco arenosos, los cuales se encuentran en una zona de alta pendiente, para este sector se ha considerado un potencial de licuefacción de tipo Bajo.

1.5.4. Potencial de fractura en superficie por falla geológica activa

Para el cantón de Goicoechea se ha determinado la presencia de tres fallas neotectónicas, las cuales son Falla Lara, Falla Nubes y La falla Cipreses. Éstas se han definido por diferentes autores con base en criterios geomorfológicos y eventos sísmicos asociados, sin embargo, no hay evidencia de una ruptura superficial de los mismos en el área de estudio. La descripción de las mismas se detalla en la descripción geológica del cantón, pero a continuación se realiza un resumen de sus principales características.

Falla Lara

Dentro del cantón abarca los 3,3 km aproximadamente, con un movimiento predominantemente dextral y una orientación nor-noroeste (Montero & Alvarado, 1995; Montero et al., 1998; Montero, 2003) con una tasa de movimiento probable de entre 1-5 mm/año. Esta falla puede llegar a generar sismos de magnitudes máximas que alcanzan los 6,3.

Falla Nubes

Presenta una longitud de 4 kilómetros con un rumbo principal noroeste, y con algunas fallas asociadas con rumbo hacia el suroeste. con un movimiento predominantemente dextral, se podría esperar un sismo de Mw 5.2 con aceleraciones de 0.1g - 0.2g en las cercanías de la zona epicentral.

Falla Cipreses

En el área de estudio abarcaría unos 3 kilómetros aproximadamente con un rumbo noroeste-sureste. De acuerdo con las características geométricas de la falla y la evidencia histórica, este tipo de fallas podrían generar terremotos de magnitud (Mw) 6,0.

Determinación de potencial de fractura en superficie por falla geológica activa

En el caso de las fallas que atraviesan el cantón, no se posee información detallada en lo referente a la zona de deformación afectada, por lo que para la asignación del valor del subfactor IFA se utiliza el criterio de distancia desde la traza de falla con el objetivo de obtener una zona de amortiguamiento mayor considerando el potencial sísmico regional que las domina.

Tabla 1-31. Valor y rango de afectación del subfactor potencial de fractura en superficie por falla geológica activa

Distancia desde la traza de la falla	SOBRE	0-15m	15-30 m	30-50 m	Mayores a 50 metro
Distancia desde la zona de deformación	SOBRE	0-50 m	50-100m	100-200 m	Mayores a 200 metros
Valor IFA	1	2	3	4	5

Resultados fractura en superficie por falla geológica activa

Una vez realizada la zonificación se observa que la mayoría del cantón (aproximadamente 29 kilómetros cuadrados) de Goicoechea presenta un valor bajo al potencial de ruptura, esto se debe principalmente a la poca presencia de estructuras neotectónicas en el cantón y a que las mismas lo atraviesan con rumbo noroeste/sureste de forma perpendicular a la forma del cantón con lo cual las zonas impactadas son muy reducidas.

Las zonas con mayor potencial se ubican en parte del sector de Guadalupe y San Francisco (alrededor de 1,1 km² de zonas de entre los 0 a 200 m) y en las zonas altas del distrito de rancho redondo con un área de 1,5 km² de zonas de impacto entre los 0 a 200 metros a ambos lados de la zona de fallamiento. El Mapa 1.5-3 presenta la variable de fragilidad por fractura en superficie por falla geológica activa.

1.5.5. Amenaza volcánica

De acuerdo con el mapa de amenazas para de la Comisión Nacional de Emergencias (2009), el extremo más cercano al cantón de Goicoechea al foco volcánico del Irazú, se localiza a 9,5 km en la parte occidental del macizo Volcánico y a 30 km lineales hacia el oeste del Volcán Turrialba, Los cuales han mantenido actividad importante documentada.

La amenaza volcánica se relacionaría con la caída de ceniza. En el caso del Volcán Irazú se tienen reportes desde inicios de la Colonia. Por su ubicación con respecto al cono eruptivo y la dirección actual predominante de los vientos en la región, es probable que en caso de erupción las cenizas emanadas causen serios trastornos. El principal efecto de una eventual erupción del Volcán Irazú, sería la caída de grandes volúmenes de ceniza (inclusive el suelo del cantón está formado en su totalidad por acumulación de cenizas).

La amenaza de caída de ceniza actualmente es la más probable debido a la actividad volcánica reportada más reciente, la cual puede generar la caída de ceniza fina, la cual afectaría vías respiratorias y afectaría infraestructura, pero en menor medida debido a su distancia.

Los mayores daños ocasionados por la caída de ceniza, según la Comisión Nacional de Emergencias podrían ser:

- Colapso de estructuras por peso de ceniza en el techo
- Problemas de salud en general a la población

Para el cálculo del potencial de amenaza volcánica, el criterio IFA se basa en la cercanía de la zona al foco de deyección. De acuerdo con la metodología IFA, se buscan rangos de distancia establecidos respecto a los volcanes activos presentes en el país, estos rangos y su valoración según la escala IFA se muestra en la Tabla 1-32.

Tabla 1- 32. Valor y rango de afectación del subfactor de amenaza volcánica

Distancia desde el foco volcánico	< 3 Km	De 3 a 5 Km	De 5 a 10 Km	De 10 a 20 Km	De 20 a 30 Km
Valor subfactor IFA	1	2	3	4	5

Resultados de amenaza volcánica

Como resultado de la zonificación por amenaza volcánica, se obtuvo que el 56% del área del cantón se localiza a una distancia mayor a 20 km, por lo que tiene un factor IFA muy bajo, el 43% del área se encuentra entre los 10 a 20 km de distancia por lo cual el factor IFA se cataloga como bajo, mientras que solamente un 0,2% del cantón se encuentra entre los 5 a 10 km de distancia con lo cual el factor IFA se cataloga como moderado.

1.5.6. Tsunami

La variable tsunami se basa en el potencial de afectación que podrían sufrir las zonas marino costeras en función de su altura sobre el nivel del mar, ya que la influencia de las mareas en caso de un evento fortuito puede ser considerable en casos donde la altura es muy baja; caso contrario sucede si las zonas cercanas al mar poseen elevaciones importantes. Dadas las características geográficas del cantón y considerando que en la definición de la variable y en cada una de las categorías se hace alusión a zonas frente a la costa, esta variable se declara con un valor de 5 (muy bajo) para toda el área de estudio.

1.5.7. Inundaciones

En cuanto a la variable de amenaza por inundaciones, para la asignación de valores, la metodología IFA sugiere la utilización de información como la disposición de los cauces y las terrazas aluviales que se encuentran en las márgenes de los ríos, así como también de la altura del espejo de agua de todos los ríos del cantón. Sin embargo, existe una importante dificultad para reunir dicha información, ya que ésta existe para apenas una decena de los cientos de ríos que tiene el país y generarla con la suficiente certeza estadística en cuanto a la variabilidad del comportamiento de los ríos requeriría más de 10 años de registro.

Ante tales circunstancias y amparado en la premisa que señala el Decreto N°32967 sobre la posibilidad de proponer nuevas formas de calcular las variables, siempre que éstas mantengan su objetivo y mejoren su precisión, se propone calcular la variable de inundaciones a partir de la de la capa de inundaciones dada por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE).

A la mancha de inundación de la CNE se le asignó una puntuación de 2 (fragilidad alta) dadas las condiciones del cantón y el historial de inundaciones (no demasiado frecuentes). Al resto de la zona de estudio se le asigna un valor de 5 (bajo). Ver Mapa 1.5-5.

1.5.8. Factor amenazas naturales integrado

Finalmente, el factor de amenazas naturales se calcula como la suma de las 7 y su posterior reclasificación (ver Mapa 1.5-8).

La sumatoria y reclasificación se ajusta a lo señalado en el Decreto. Específicamente para este factor que reúne 5 variables, el valor máximo obtenible sería de 25; por lo tanto, la reclasificación de la sumatoria se expone en la siguiente tabla.

Tabla 1-33. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo factor amenazas naturales

Sumatoria de las 7 variables	Categoría	Valor reclasificado
7 - 12	Muy Alto	1
13 - 18	Alto	2
19 - 24	Moderado	3
25 - 30	Bajo	4
31 - 35	Muy Bajo	5

Limitaciones y potencialidades técnicas

Dentro de las potencialidades y limitantes presentes en el área de estudio, se puede apreciar, que a nivel local no se encuentran registros de daños por sismos significativos en la zona, además de que el cantón se encuentra a una distancia lo suficientemente alejada de conos volcánicos que puedan afectarlo de forma directa. Además, el análisis textural de los suelos, combinado con el registro de sismos históricos indica que las posibilidades de ocurrencia del fenómeno de licuefacción son muy bajo.

Con respecto al potencial sísmico regional, el cantón se localiza dentro de una zona sísmica la cual presenta fallas neotectónicas con potencial para desarrollar sismos con una magnitud máxima estimada de 6,5 y una aceleración de entre 501 y 601 PGA, por lo cual las normas de construcción deben seguir los lineamientos establecidos por el código sísmico de costa Rica para estos casos.

Las fallas neotectónicas ubicadas dentro del cantón, no han registrado actividad importante dentro del cantón, de ellas la falla Cipreses no se encuentra totalmente definida su traza debido a la cobertura urbana de la zona, con respecto a las fallas Lara y las Nubes, éstas presentan una traza más definida, para casos en donde las posibles construcciones cercanas a las fallas menores a 50 metros, se debe aplicar el protocolo de zonificación de falla sísmica con el fin de poder establecer una zona de amortiguamiento más adecuada para en cada caso.

Con respecto a las zonas de inundación, las principales causas de emergencia en el cantón se producen en los sectores en donde existe una invasión de las construcciones al cauce de los ríos y quebradas, por lo cual en todos los casos se debe mantener y respetar la zona de protección, la cual es de 15

metros a ambos lados de los cauces de ríos y quebradas en sectores rurales y 10 metros en sectores urbanizados.

Tabla 1-34. Limitaciones y potencialidades técnicas del factor amenazas naturales

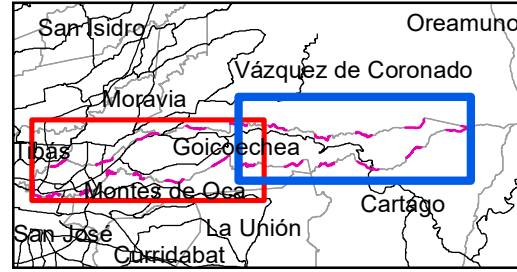
IFA	Limitaciones	Potencialidades
4	<p>Todo el cantón es vulnerable a un sismo regional de magnitud de 6,5, por lo que todas las construcciones deben ajustarse a las normas del código sísmico.</p> <p>Zonas propensas a inundaciones.</p> <p>Zonas cercanas a fallas geológicas del cuaternario por lo que estudios geológicos detallados son necesarios.</p>	<p>Zonas de protección de recursos naturales.</p> <p>Usos agrícolas en las zonas cercanas a fallas.</p>
5		Zonas sin limitaciones al desarrollo urbano por amenazas naturales

Certidumbres técnicas

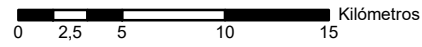
A continuación, se presenta la tabla de certidumbres técnicas para este factor. El valor estimado de certidumbre fue de **193**, lo cual lo coloca en un rango muy alto.

Tabla 1-35. Certidumbres técnicas del factor amenazas naturales

Valores Criterios y su peso	Muy alto	Alto	Moderado	Bajo	Muy bajo
	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
Sismicidad Regional (6)		24			
Sismicidad local (6)		24			
Potencial de licuefacción (4)		16			
Potencial de fractura en superficie (6)		24			
Amenaza Volcánica (9)	45				
Tsumamis (4)	20				
Inundaciones (10)		40			
Sumatoria	65	128			
Resultado final	225 - 189	188 - 153	152 - 117	116 - 81	80 - 45

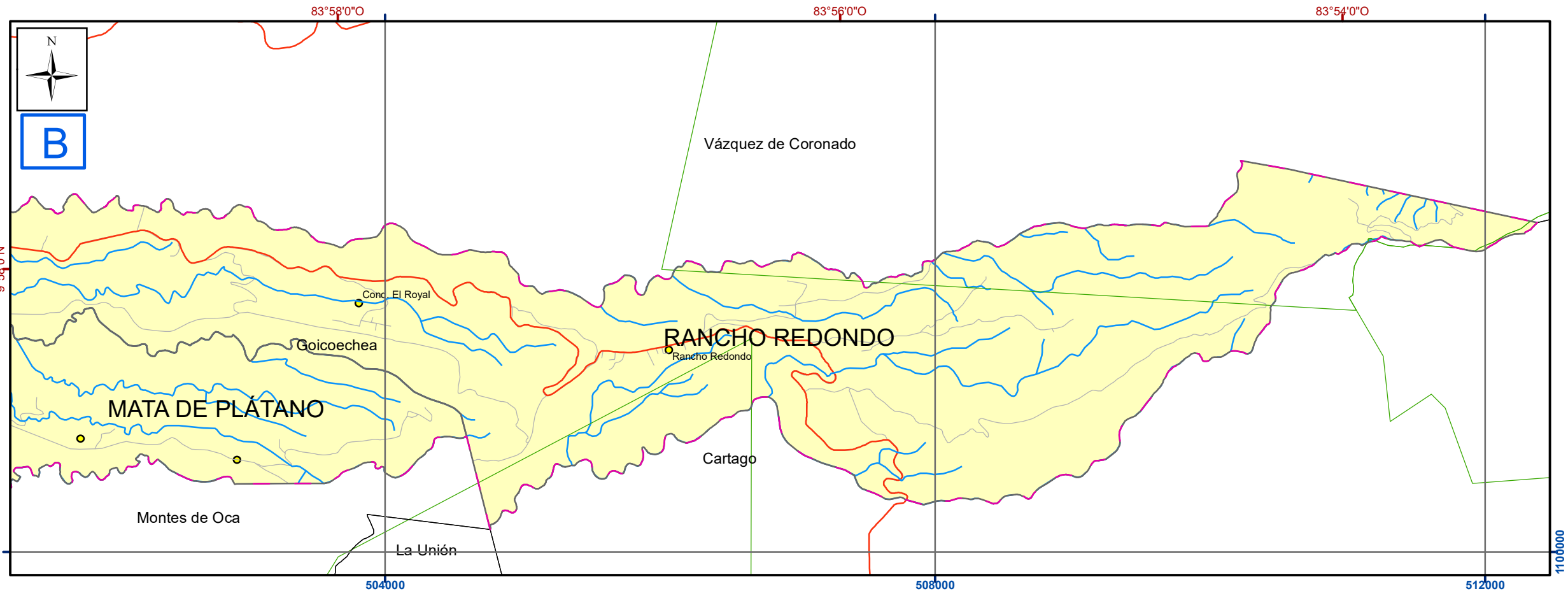
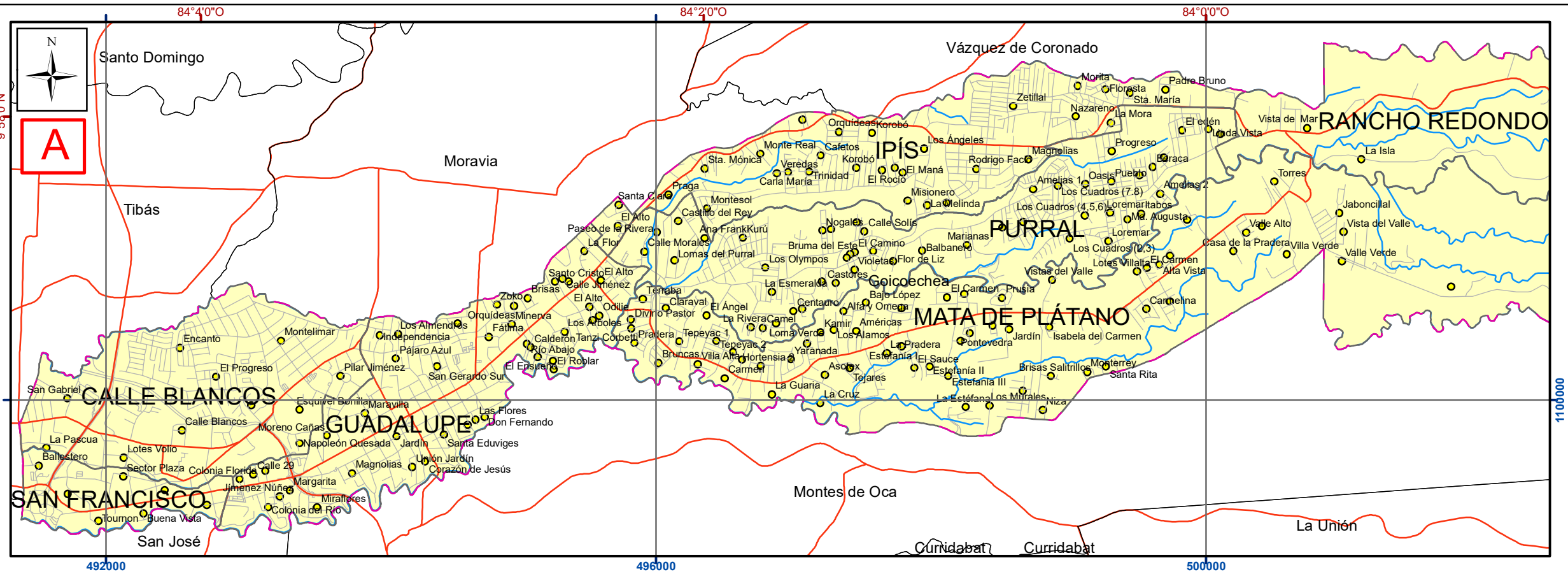


Escala del recuadro general 1:364 859



Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

[] Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

[] Limite distrital

[] Cantones

[] ASP

[] Ríos

[] Red Vial Nacional

[] Carreteras municipales

[] Poblados

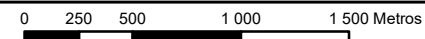
IFA

[] 3

Mapa 1.5-1. Geoaptitud. Amenazas naturales. Sismicidad regional en el cantón de Goicoechea

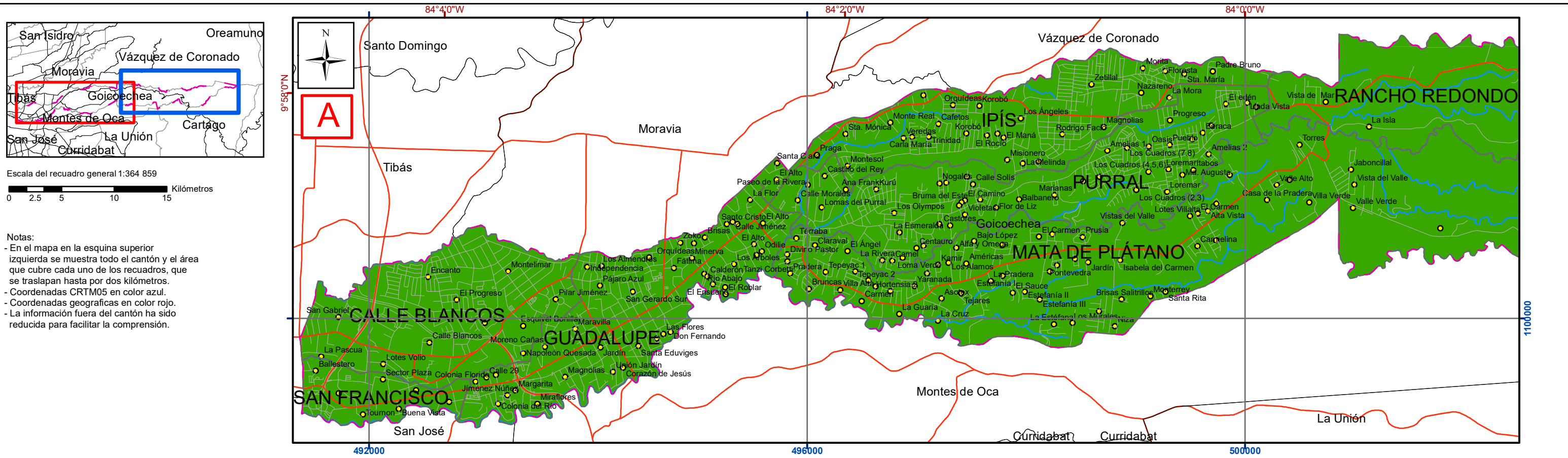
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo



Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Notas:

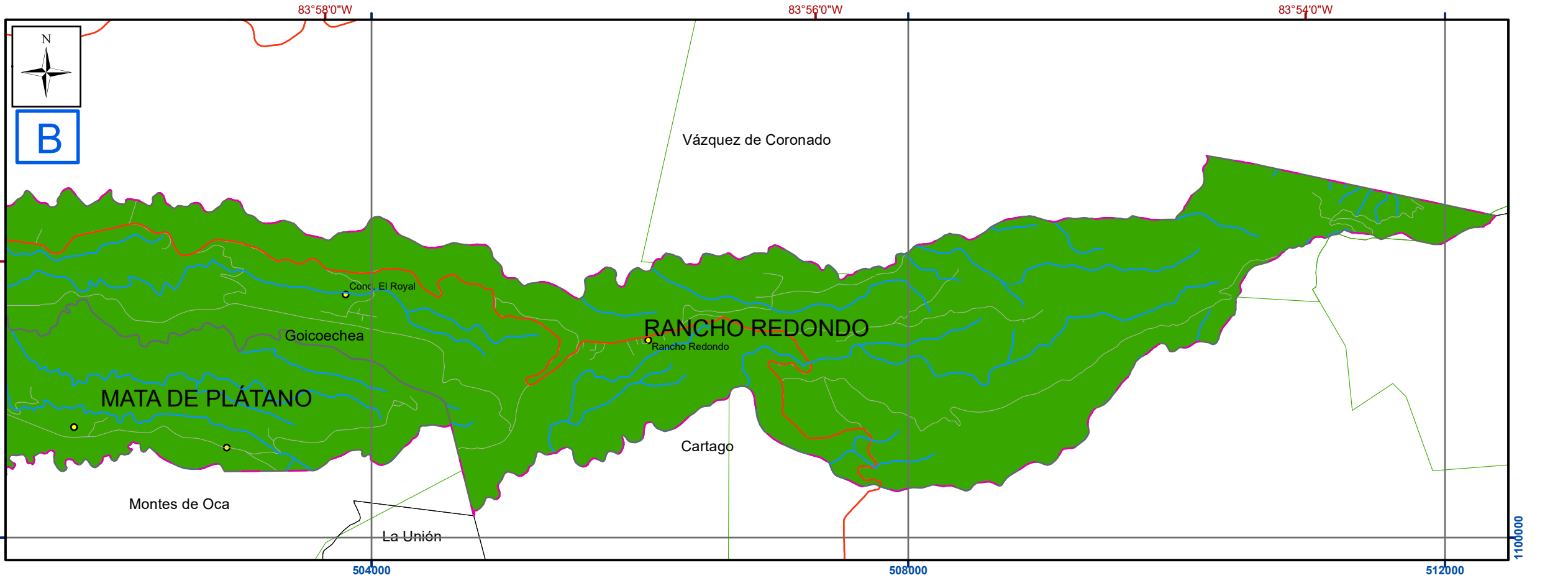
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

Simbología

- ┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- ▬ Ríos
- ▬ Red Vial Nacional
- ▬ Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 5



Mapa 1.5-2. Geoaptitud. Amenazas naturales. Sismicidad local en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

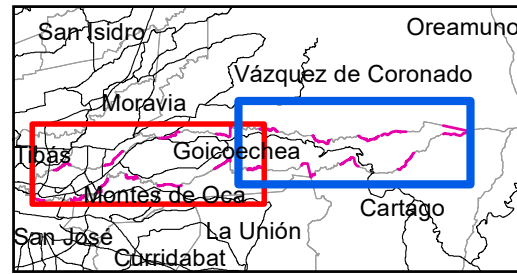
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

Transversal Mercator 05 (CRTM05)

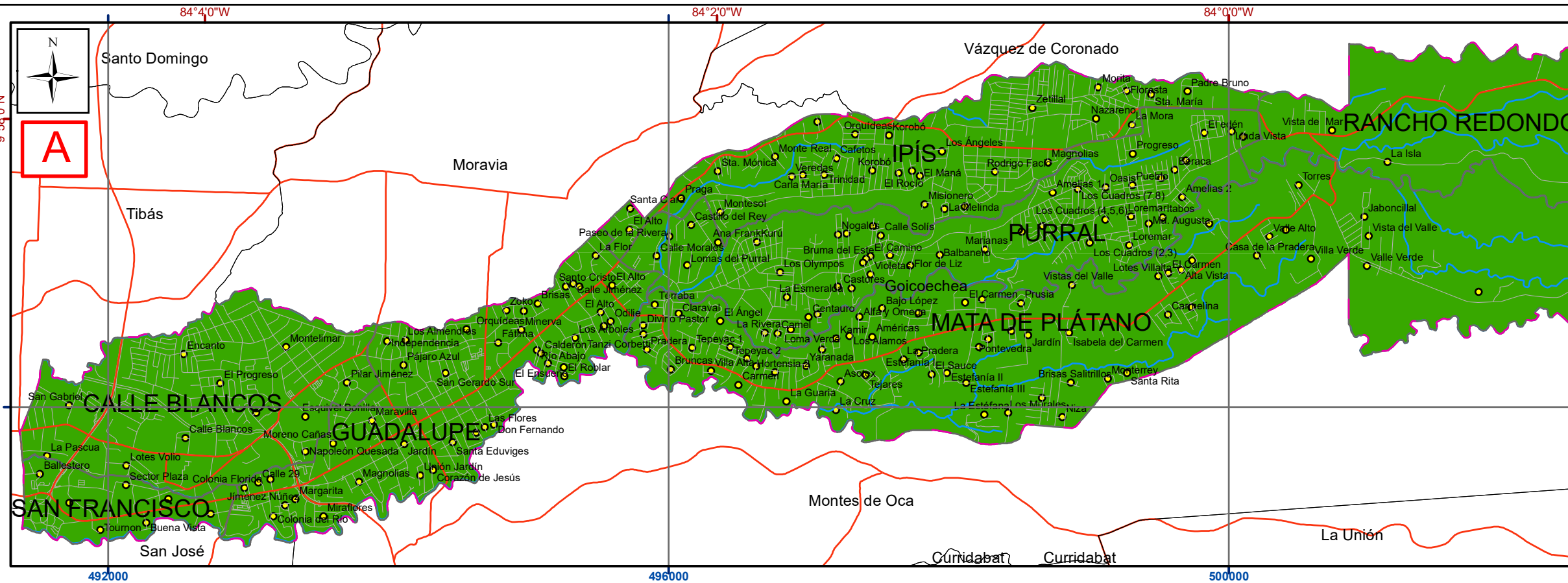
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



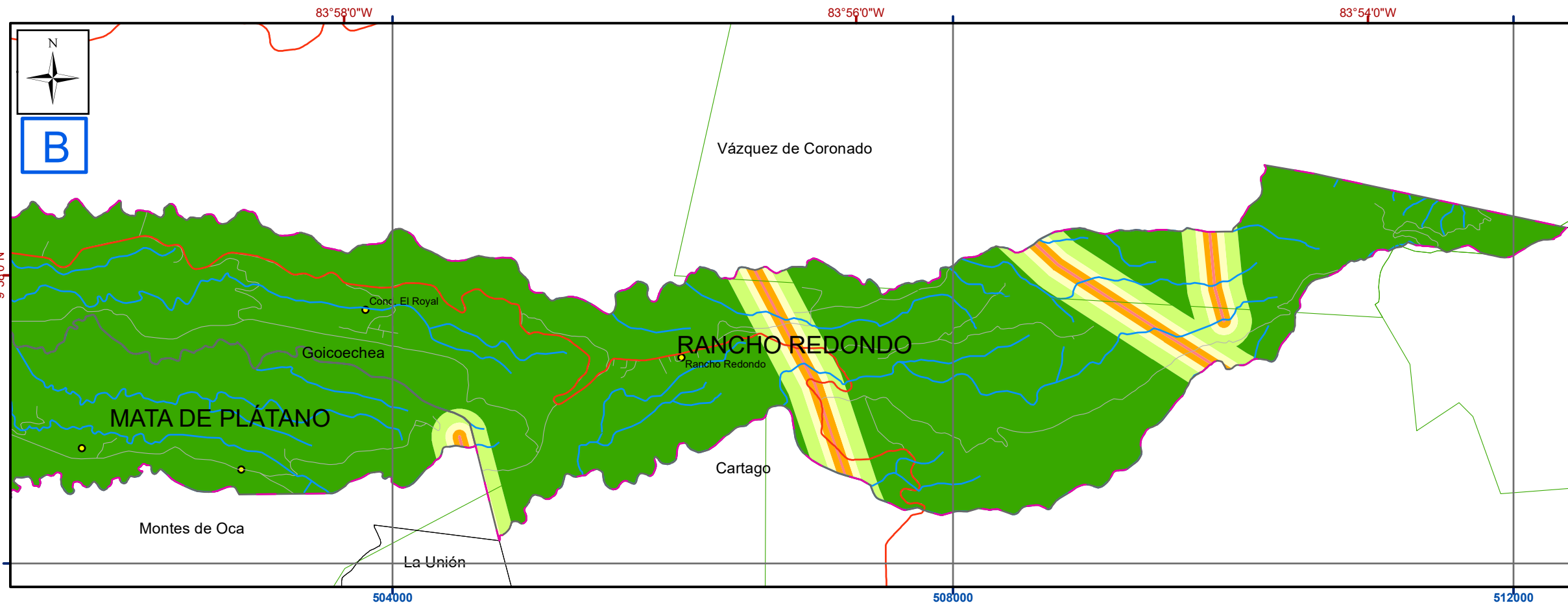
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Fallas geológicas

IFA

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Mapa 1.5-3. Geoaptitud. Amenazas naturales. Cercanía a fallas activas en el cantón de Goicoechea.

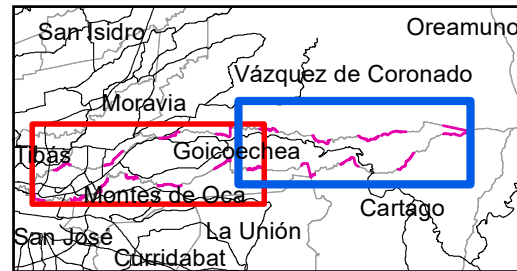
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
 Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

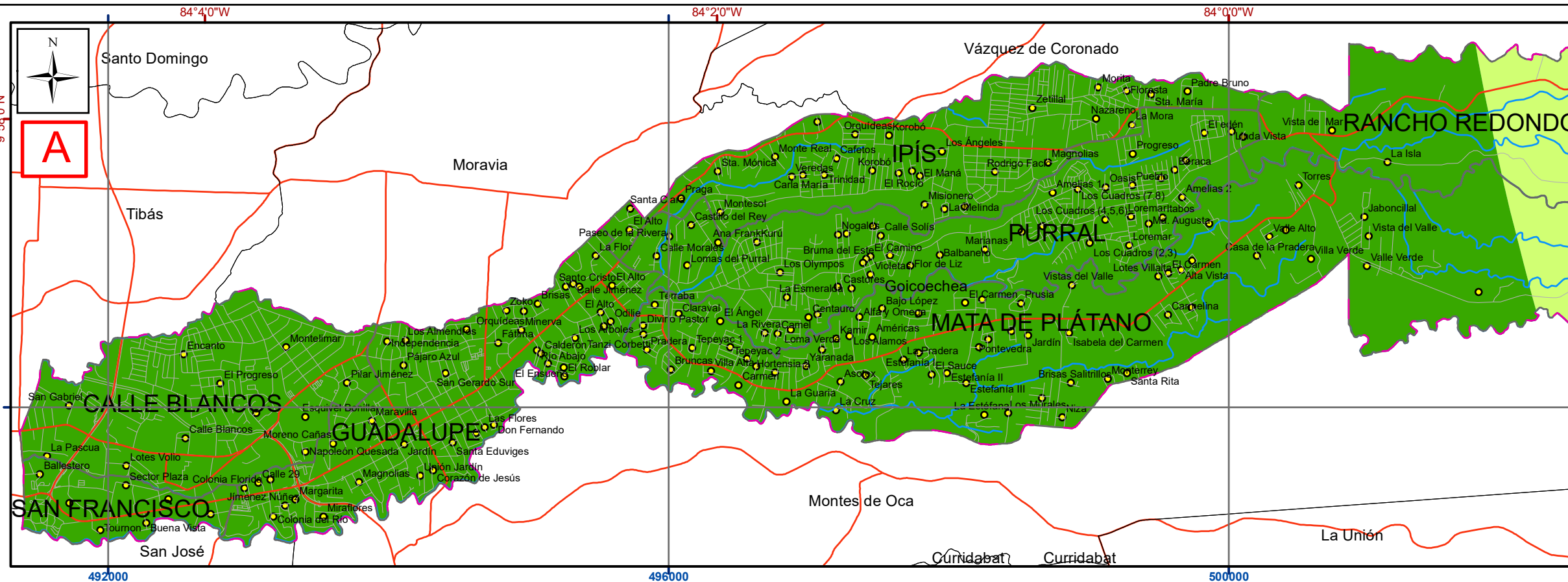
Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geograficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



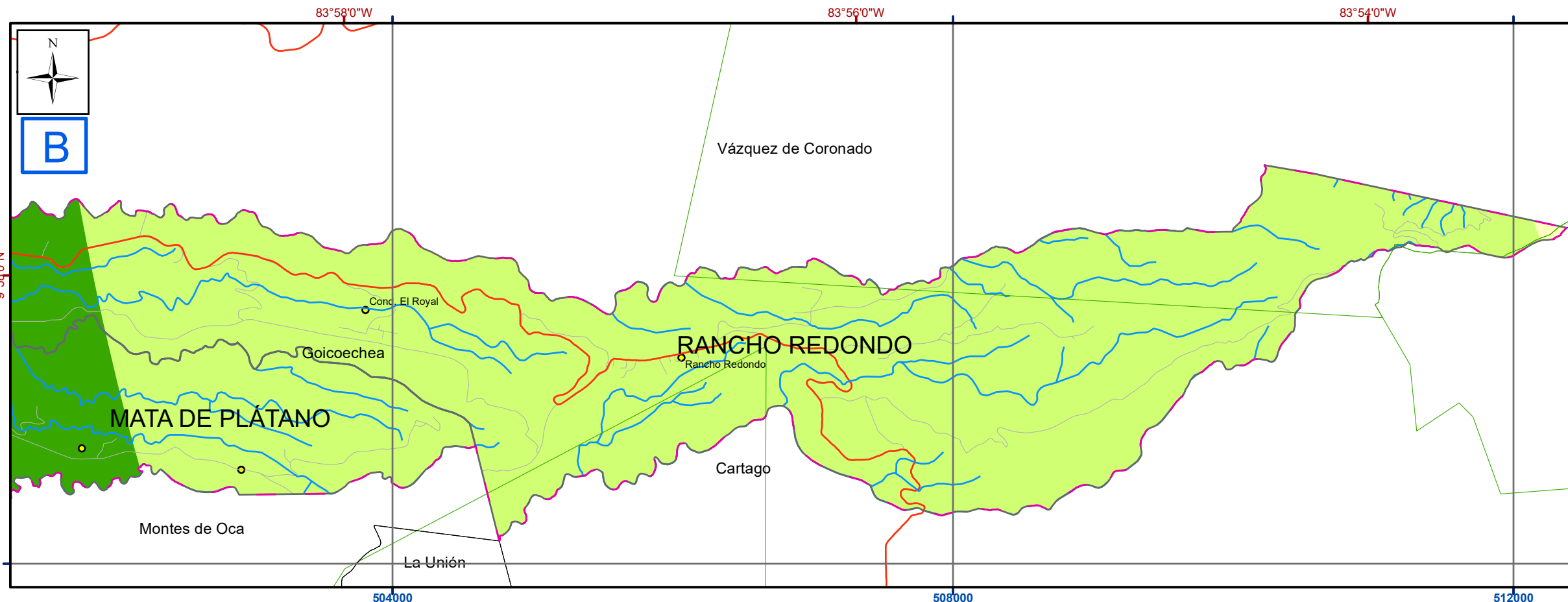
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Amenaza_Volcanica

IFA

- 3
- 4
- 5



Mapa 1.5-4. Geoaptitud. Amenazas naturales. Amenaza volcánica en el cantón de Goicoechea

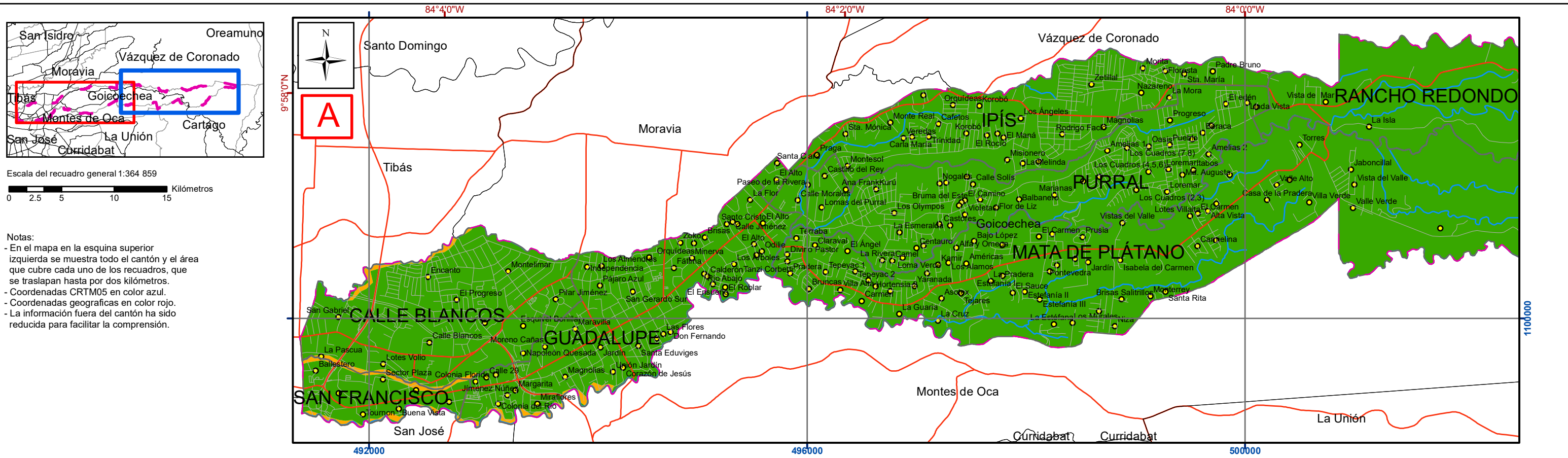
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





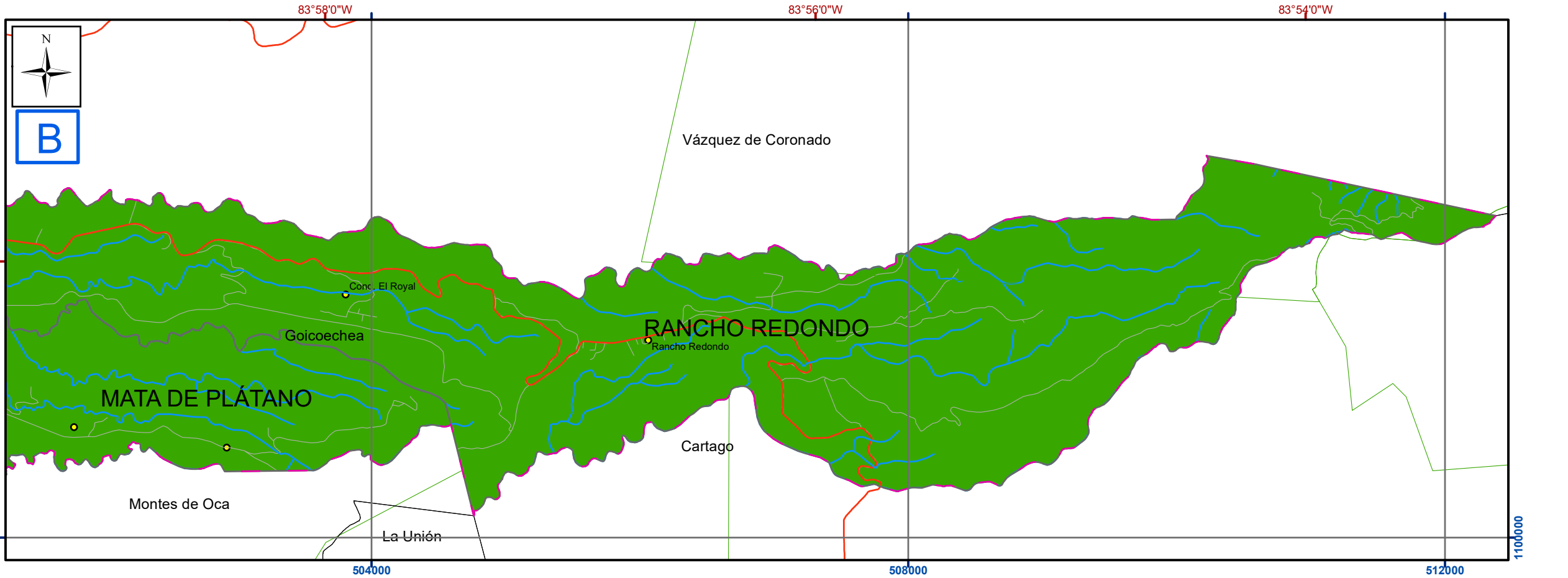
Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 2
- 5

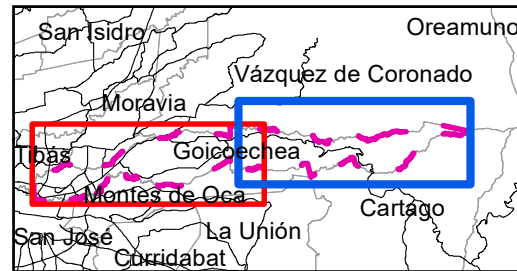


Mapa 1.5-5. Geoaptitud. Amenazas naturales. Amenaza de inundación en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.
 Profesionales responsables: Jonathan Agüero Valverde

0 250 500 1 000 1 500 Metros
 Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas

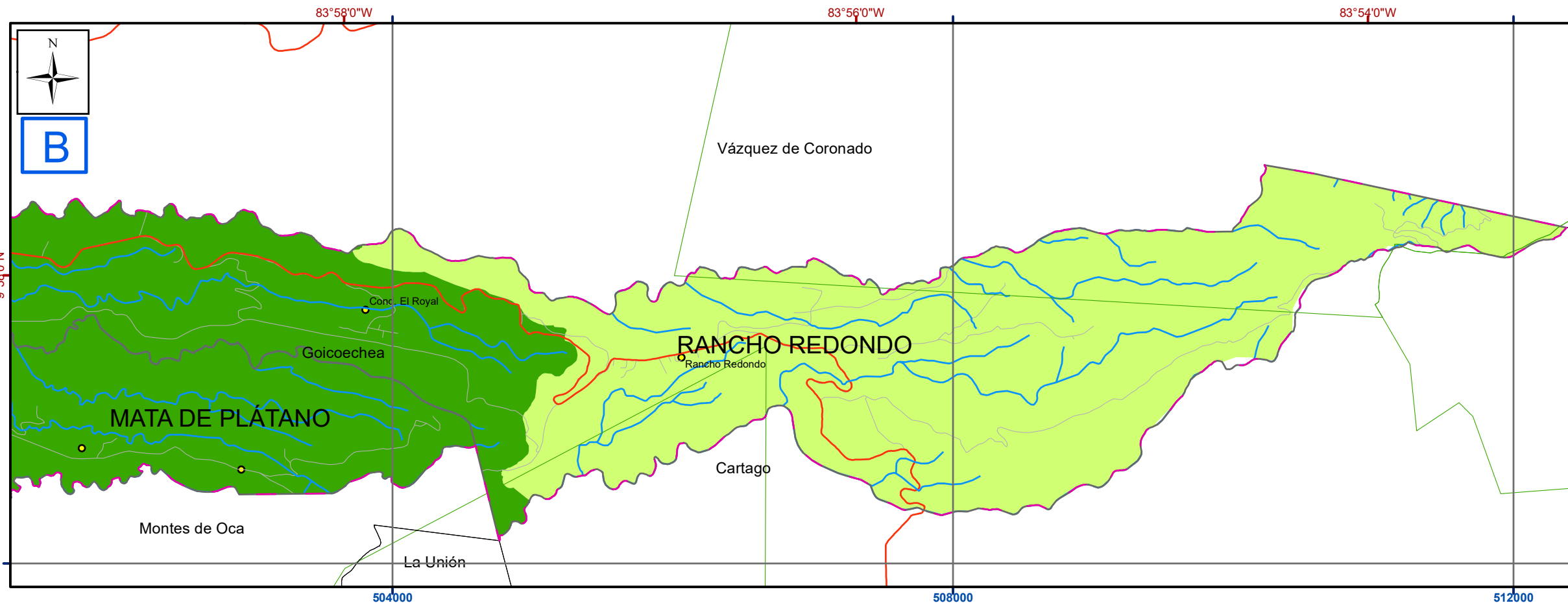
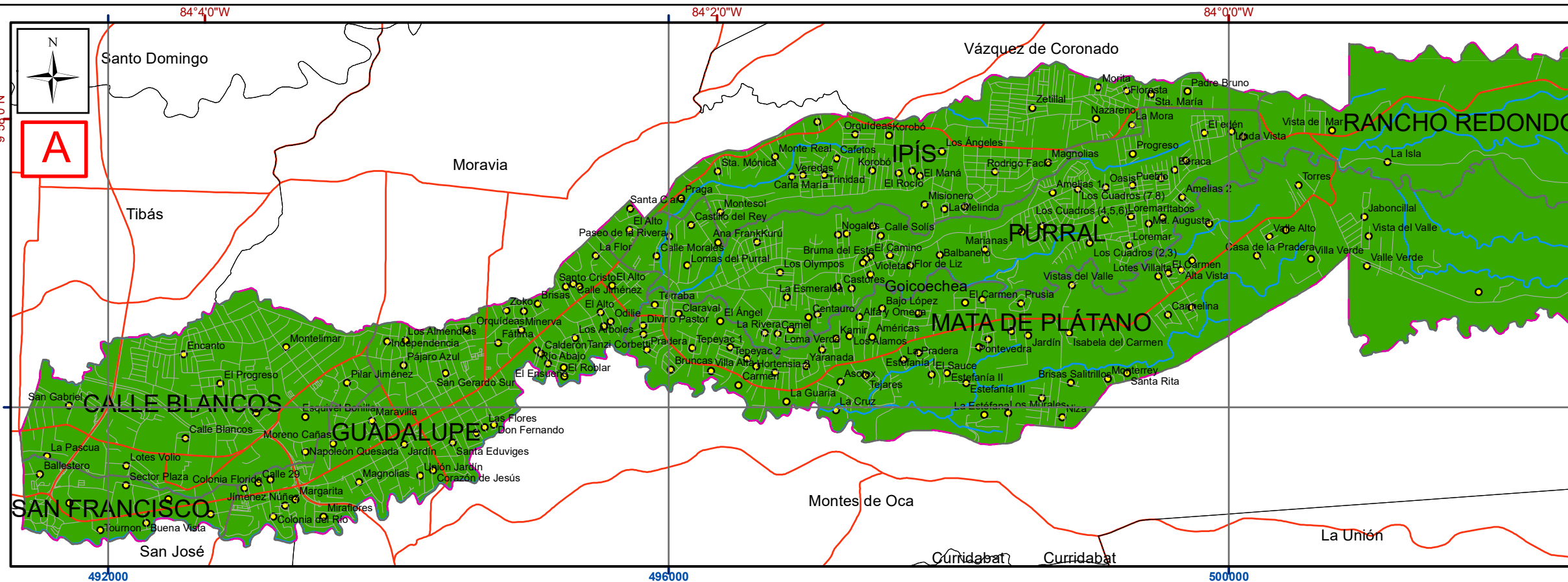




Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- ┌ └ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - ▭ Limite distrital
 - ▭ Cantones
 - ▭ ASP
 - Ríos
 - Red Vial Nacional
 - Carreteras municipales
 - Poblados
- IFA**
- 4
 - 5

Mapa 1.5-6. Geoaptitud. Amenazas naturales. Licuefacción del suelo en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. Daniel López Oviedo

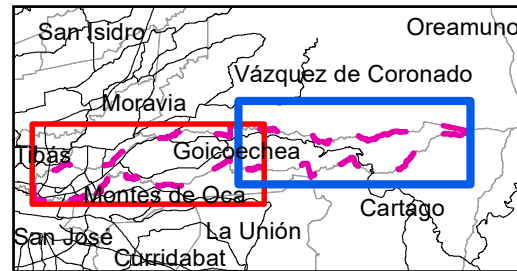
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

Transversal Mercator 05 (CRTM05)

Coordenadas geográficas

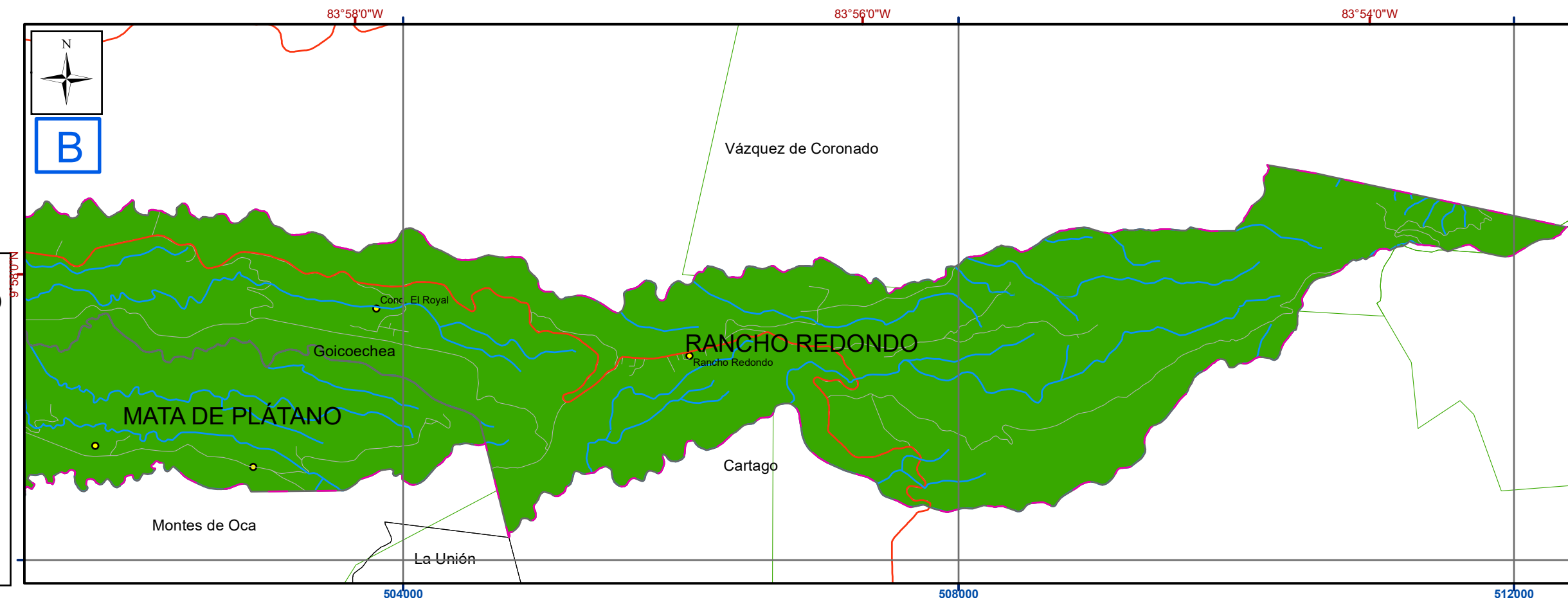
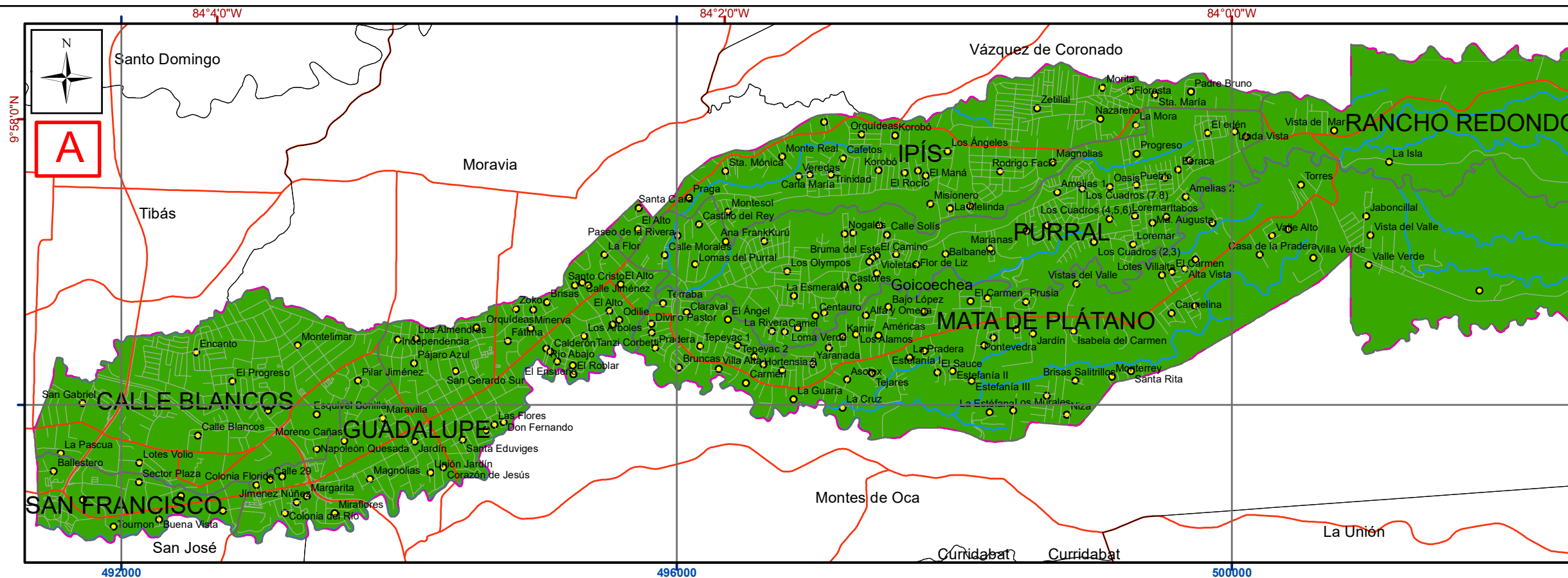




Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



- Simbología**
- ┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - ▭ Limite distrital
 - ▭ Cantones
 - ▭ ASP
 - ▬ Ríos
 - ▬ Red Vial Nacional
 - ▬ Carreteras municipales
 - Poblados
- IFA**
- 5

Mapa 1.5-7. Geoaptitud. Amenaza por tsunami. Cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Jonathan Agüero Valverde

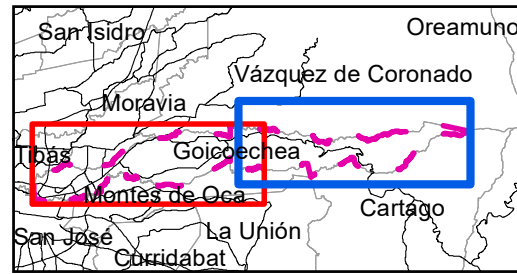
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

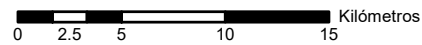
Transversal Mercator 05 (CRTM05)

Coordenadas geográficas



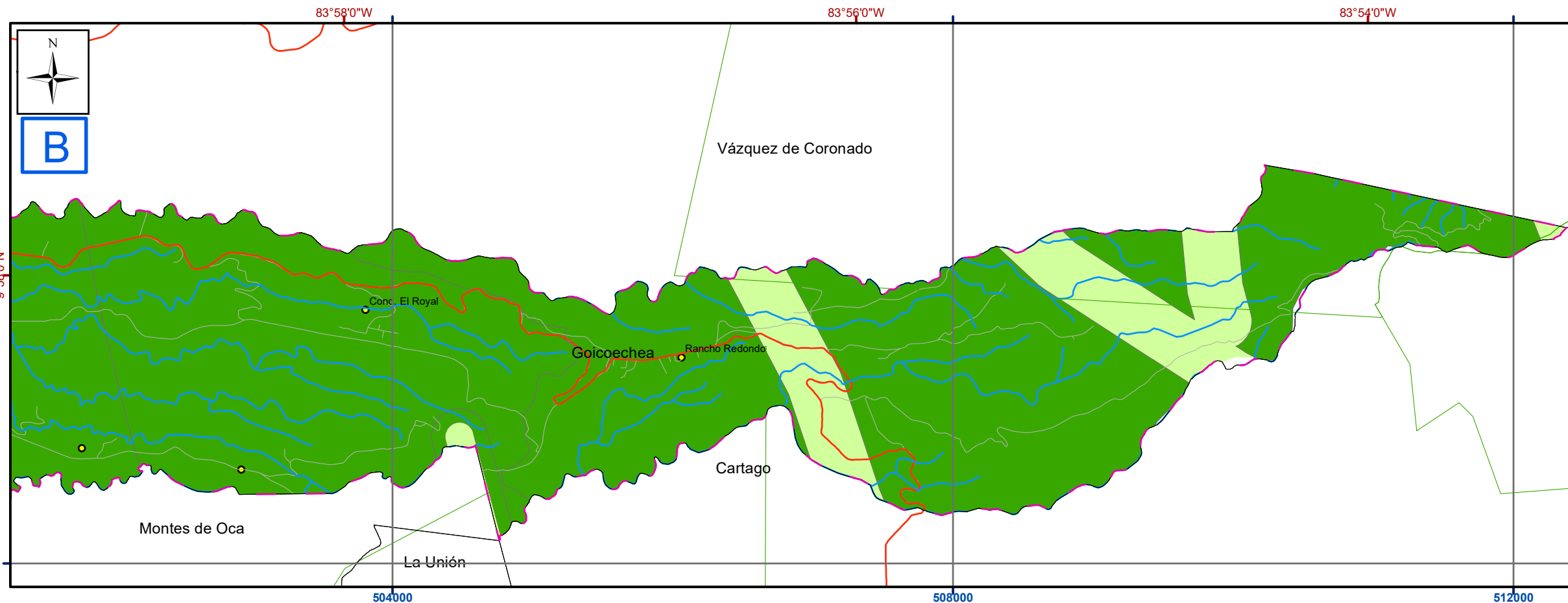
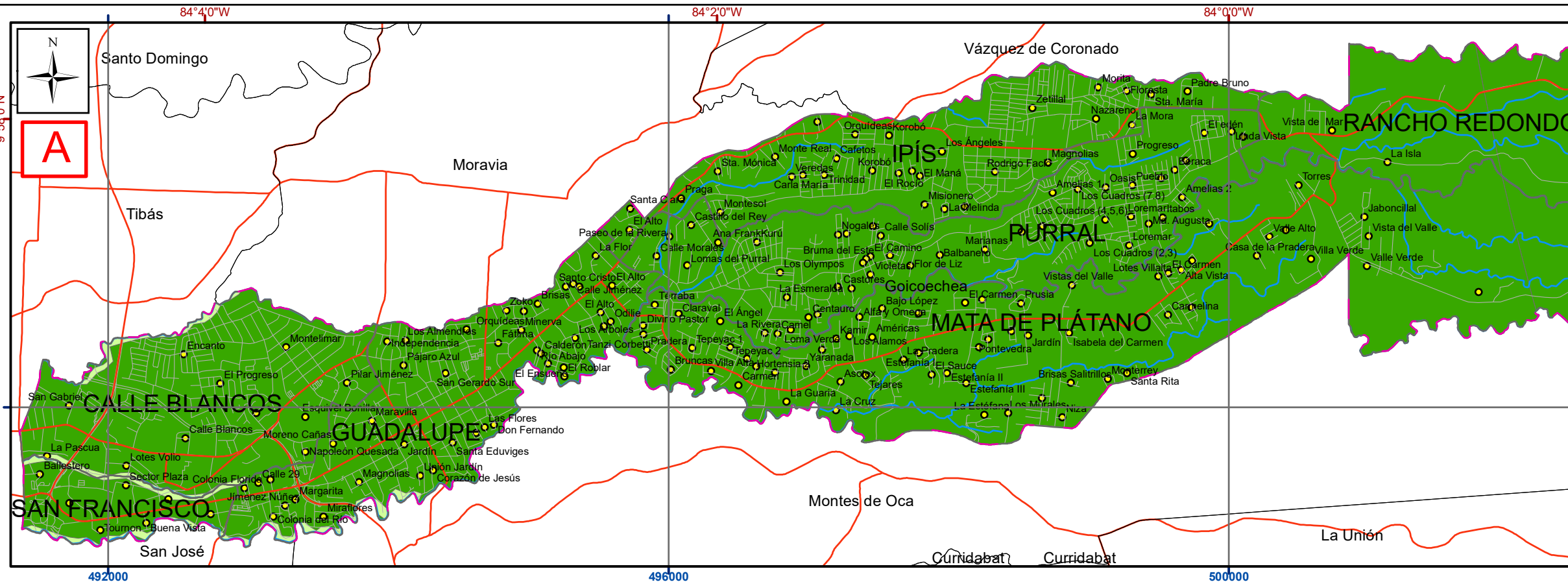


Escala del recuadro general 1:364 859



Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

▭ Limite distrital

▭ Cantones

▭ ASP

— Ríos

— Red Vial Nacional

— Carreteras municipales

● Poblados

Amenazas Naturales

IFA_Amenaz

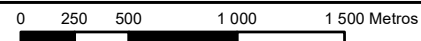
▭ 4

▭ 5

Mapa 1.5-8. Geoaptitud. Factor integrado de amenazas naturales. Cantón de Goicoechea.

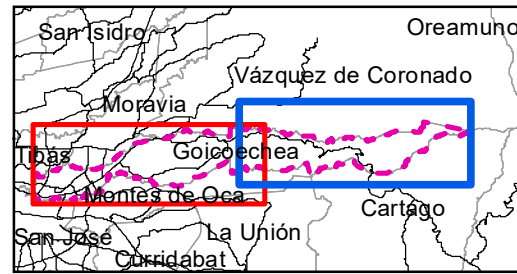
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. José Daniel López Oviedo



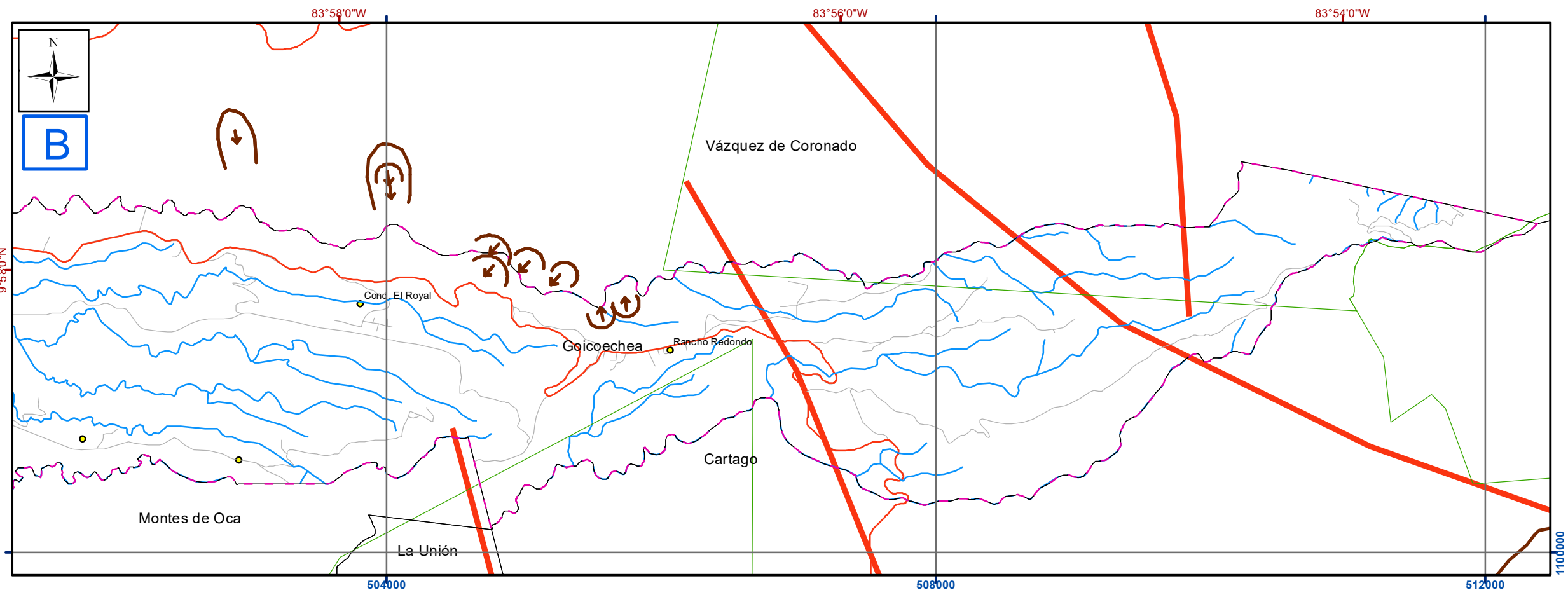
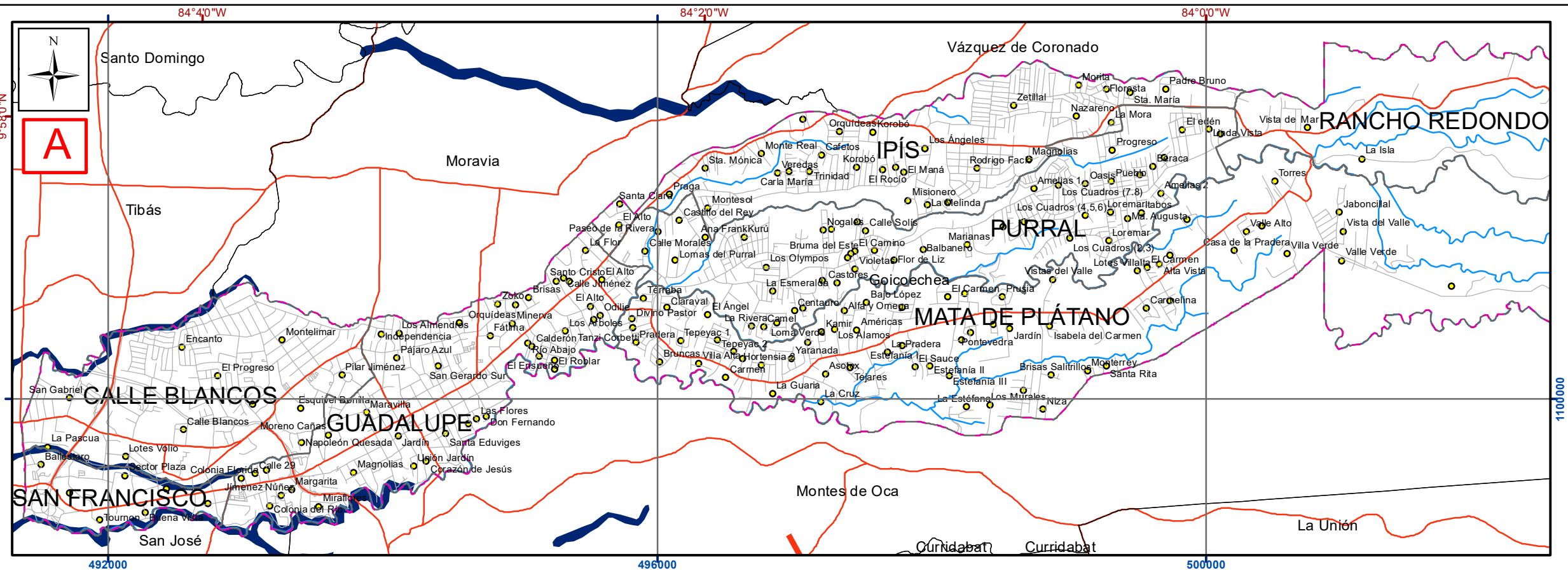
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados
- Fallas del Cuaternario
- Zonas de inundación CNE
- Coronas de Deslizamientos

Mapa 1.5-9. Geoaptitud. Amenazas reportadas por la CNE

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT- CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Geol. José Daniel López Oviedo

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



1.6. IFA Geoaptitud integrado

El IFA geoaptitud integrado se obtiene de la suma de las cinco capas que incluyen valores normalizados (entre 1 y 5) de fragilidad para los distintos factores (litopetrofísico, geodinámica externa, hidrogeológico, estabilidad de ladera o deslizamientos y amenazas naturales,) y la posterior reclasificación con base en 5 agrupaciones como señala el Decreto.

$$IFA_{\text{Geoaptitud Integrado}} = IFA_{\text{Litopetrofísico}} + IFA_{\text{Geodinámica Externa}} + IFA_{\text{Hidrogeológico}} + IFA_{\text{Deslizamientos}} + IFA_{\text{Amenazas}}$$

La sumatoria y reclasificación se ajusta a lo señalado en el Decreto y específicamente en este componente que reúne 5 variables el valor máximo obtenible sería de 25; por lo tanto, la reclasificación de la sumatoria se ajusta tal y como se detalla en la Tabla 1-36.

Tabla 1-36. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA geoaptitud integrado

Sumatoria de las 5 variables	Categoría	Valor reclasificado
5 – 9	Muy Alto	1
10-13	Alto	2
14 - 17	Moderado	3
18 – 21	Bajo	4
22 - 25	Muy Bajo	5

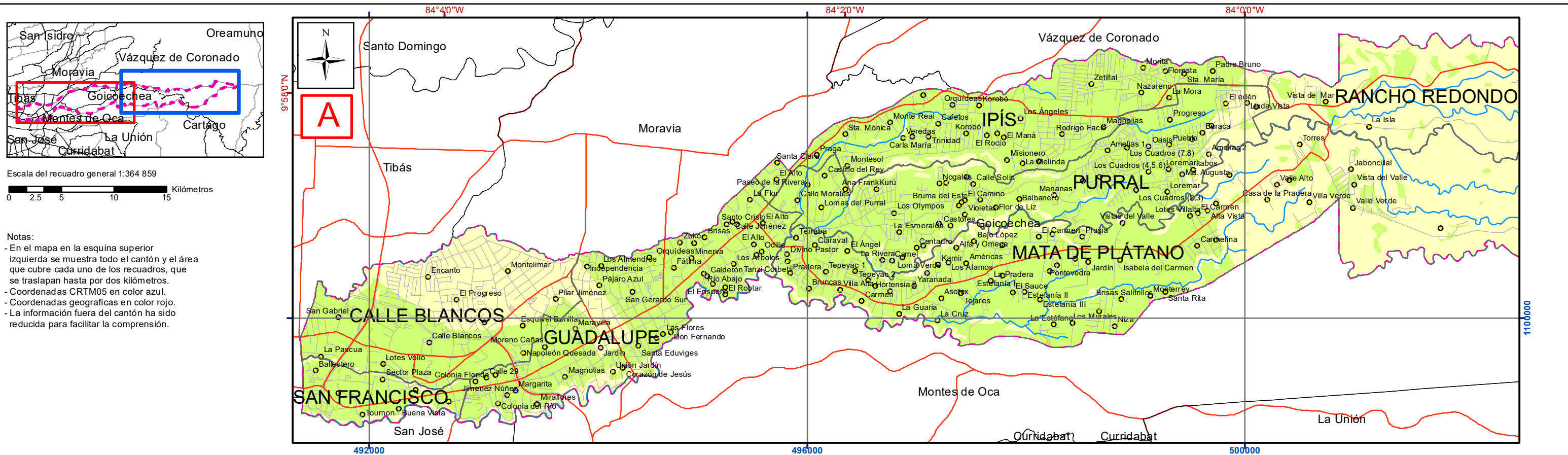
El resultado final se muestra en el Mapa 1.6-1. Se observa que la mayor parte de la zona de estudio dio como resultado un valor IFA de 3, mientras que las áreas más montañosas y de mayor pendiente se encuentran en las zonas de IFA de alta fragilidad. Estas zonas presentan limitantes al desarrollo urbano pero la gran mayoría se encuentran dentro de ASP.

Limitaciones y potencialidades técnicas

A continuación, se presenta un resumen de las principales limitaciones y potencialidades del IFA geoaptitud. Éstas se desprenden de la representación de los factores y las interacciones que se dan entre ellas. Las limitaciones y potencialidades que se muestran a continuación están asociadas únicamente al conjunto de variables que forman parte de este factor, así que es posible que en una localización este factor no represente una limitación significativa mientras que para otro factor o eje IFA sí se encuentren limitaciones significativas al desarrollo humano.

Tabla 1-37. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA geoaptitud

Valor IFA geoaptitud	Limitaciones	Potencialidades
2	Fragilidad alta en las siguientes variables: geodinámica externa, hidrogeología, deslizamientos y litopetrofísico. Limitaciones significativas al desarrollo humano.	Usos de protección de recursos naturales y conexos como ecoturismo.
3	Fragilidad moderada en el IFA integrado de geoaptitud. Las principales limitaciones se dan en las zonas de fragilidad alta por hidrogeología y geodinámica externa debido a las zonas de recarga acuífera y alta pendiente.	Protección de recursos naturales y desarrollo de baja densidad para las zonas de fragilidad alta por hidrogeología y geodinámica externa. Desarrollo urbano de densidad baja y media para el resto de las zonas
4	Fragilidad baja.	Desarrollo Urbano de densidades media y alta.



Notas:

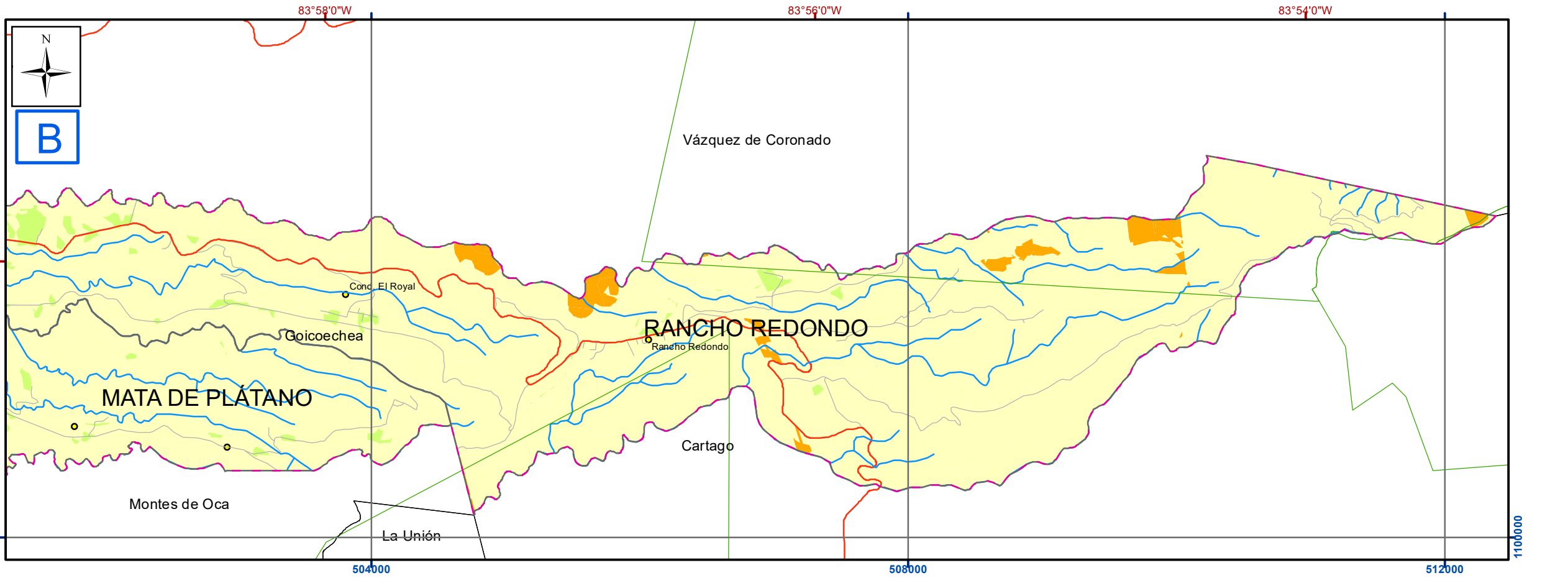
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 2
- 3
- 4



Mapa 1.6-1. Geoptitud integrada. Cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Jonathan Agüero Valverde

0 250 500 1000 1500 Metros

Escala 1:34 661
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas



2. IFA Edafoaptitud

2.1. El Factor de Edafoaptitud

De acuerdo con el decreto N°32967-MINAE GACETA N°85, 4 de mayo, 2006, el índice de edafoaptitud es “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.” Según la metodología establecida, un índice de edafoaptitud bajo corresponde numéricamente a 1 indica la presencia de muchas restricciones edáficas o condiciones de cuidado del suelo para fines de producción agrícola, por lo tanto, su capacidad de producción agrícola es baja, limitada y requiere cuidado para su manejo, por ende, con alta fragilidad ambiental. Un índice alto cuyo valor máximo es 5 indica una alta capacidad de producción agrícola, pocas limitaciones técnicas de parte del suelo y del entorno implicando muy baja fragilidad ambiental.

Los mapas fuente fueron tomados de Mata et al. (2016) a escala 1:200 000 (taxonomía de suelos a nivel de suborden) y del Atlas Digital de CR (Ortiz 2008) para los mapas: geomorfológico, geológico, capacidad de uso de Tierras, zonas de vida del sistema Holdridge y meses secos al año.

La capa de Capacidad de Uso de Tierras se revisó de acuerdo a la “Determinación de la capacidad de uso de las tierras Agroecológicas de Costa Rica” llamada desde ahora CUTA en este documento (modificación al Decreto Ejecutivo N° 23214-MAG-MIRENEM del 13 de abril de 1994, publicado en La Gaceta N° 107 del 6 de junio de 1994), cuya metodología fue revisada y modificada ligeramente (Decreto Ejecutivo N° 41960-MAG-MINAE del 18 de julio de 2019, publicado en La Gaceta N° 251 del 12 de noviembre de 2019) en clasificación de algunas de las 14 unidades de manejo distribuidas en las subclases erosión (e), suelo (s), drenaje (d) y clima (c).

Dada las condiciones de topografía quebrada en la mayor parte del cantón en la capa anterior de CUTA, la pendiente tuvo un papel importante como una de las principales limitantes en la subclase erosión (e) junto con zona de vida en la parte Este del cantón. Para obtener detalle de pendientes, se procedió a levantar un DEM (Digital Elevation Model o MED por sus siglas en español) a partir de curvas de nivel cada 10 m (como capa vectorizada, fuente original IGN 2013) y el uso de interpolación con TIN. Una vez obtenido el DEM se procedió a separar por pendientes de acuerdo con las categorías dadas por orden de capacidad de uso de Tierras agroecológicas. La unidad de manejo e_1 que corresponde a pendiente del terreno, por tanto, se procedió a categorizar de la siguiente manera: $\leq 3\%$, 3 a 8%, 8 a 15%, 15 a 30%, 30 a 55%, 55 a 75% y $\geq 75\%$. Estos rangos de pendiente sirvieron para separar por capacidad de uso a nivel de orden (I a VIII). En cuanto a erosión (e_2), no se puede evaluar en toda la zona, pero se sabe que siempre está presente (categoría leve al menos), por otro lado las zonas de vida presentes limitan para clase II o IV (en caso de bosque pluvial) por tanto limitó a que no haya Clase I en todo el cantón. Por otro lado, en visita de campo nunca se evidenció áreas bajo condiciones de erosión severa o muy severa por tanto la máxima limitante por erosión presente sería hasta clase III.

La profundidad efectiva (s_1) no fue medida en campo, sin embargo, realizar un levantamiento tipo cuadrícula requeriría miles de barrenadas para la zona, lo cual se escapa del fin de este estudio, sin embargo, de acuerdo con taxonomía de suelos (USDA 2010), estos son Udands y Ustands en toda el área (Mata *et al.* 2016) diferenciándose entre ellos sólo la cantidad de meses secos consecutivos al año (4 a 5). Estos son suelos de origen volcánico con influencia del Volcán Irazú al lado Norte y Este, y del Volcán Barva al lado Oeste y Sur Oeste. Estos suelos derivaron de rocas volcánicas recientes, coladas de lava, lahares, aglomerados y cenizas volcánicas del Cuaternario (Ortíz 2014). Por su condición de origen volcánico, especialmente de cenizas, además de observaciones puntuales en visita de campo, estos suelos tienden a ser profundos (>90 cm). De acuerdo con USDA Survey (2010) estos Udands tienen “en la mitad o más de cada pedón un horizonte plácico dentro de los 100 cm desde la superficie del suelo mineral o de la parte superior de una capa orgánica con propiedades ándicas de suelo”. Además, están bajo un régimen údico por lo cual no hay presente un periodo seco de 3 meses consecutivos. Los meses secos al año son alrededor de 4 en la parte central y Oeste del área de estudio, y tiende a extenderse a 5 meses en la parte Sur Oeste en su mayoría cubierta por área urbana. Este último sector bajo condiciones más secas corresponde a los suelos de clasificación Ustands.

En el Mapa 2.1 se puede observar como a nivel de suborden, alrededor de 95% del área de estudio del cantón de Goicoechea clasifica como Udands, donde el área bajo uso urbano (lo que no corresponde a un tipo de suelo) fue en su mayoría (>90%) clasificado como Udands antes de ser decapitado para poder proceder con la construcción de obras civiles, con excepción de las pequeñas áreas remanentes de patios, jardines y zonas de bosque secundario de transición entre áreas. Cerca de un 5% del área del cantón corresponde a Ustands correspondiendo a pequeñas áreas colindando al Oeste y al Sur del cantón. Estos Ustands se diferencian de los Udands por el régimen de lluvias, siendo más húmedo la mayor parte del año estos últimos. Por lo anterior, las características del suelo superior en toda el área son de esperar bastantes homogéneas tanto en propiedades químicas como en físicas. Más adelante con el resumen de los resultados de muestreo de suelos, esto se observa en forma más clara en los componentes químicos y físicos (textura o granulometría del suelo). Por otro lado, estos suelos volcánicos de cenizas recientes tienden a tener poca estructura lo cual se relaciona con alta erodabilidad (facilidad para ser erosionados) especialmente ante el agente lluvia. A pesar de que tienen una buena capacidad de infiltración vertical, si estos suelos están sin cubierta vegetal, son fácilmente disturbados por el golpe de la gota de lluvia. Una ventaja del área del cantón es que hay una buena cobertura de bosque secundario y predominan los potreros al Este y parte central. Estos potreros para pastoreo de ganado para leche, son manejados por apartos en su mayoría (de acuerdo a lo observado en el campo), por tanto los problemas de compactación superficial y subsuperficial (< 30 cm) tienen a ser bajos, excepto en casos de potreros con alta carga animal y con un muy pobre mantenimiento. Además, en zonas donde el suelo no tuvo buena protección al lavado, un suelo más desarrollado (viejo) aflora y contiene mayores contenidos de arcilla. Su mayor compactación (y mayor densidad aparente) hace que estos suelos presenten mayor escorrentía superficial, lo que acelera el proceso erosivo.

La textura (s_2) fue medida en laboratorio en 21 muestras de campo y complementadas con un dato previo de una calicata realizada en el 2009 como a 1,5 km del borde Norte del cantón de acuerdo a consulta de Mata et al. (2016). Las texturas predominantes son medias a moderadamente finas (Francas y franco arcillosas) concordando con lo común en suelos volcánicos. Continuando con las unidades de manejo, s_3 (pedregosidad) no fue evaluada ni se apreció en campo que fuese limitante importante; fertilidad (s_4) se evaluó en 21 diferentes puntos y se explica más adelante; toxicidad de cobre (s_5) y salinidad (s_6) no son condiciones limitantes en la zona. En cuanto a drenaje (d_1) y riesgo de inundación (d_2) tampoco son limitantes fuertes, excepto en márgenes de ríos con pendientes de rivera muy baja que puedan facilitar desbordes, pero esta condición no es común en la zona, los cauces de los ríos tienden a ser profundos. Y en cuanto a clima, zona de vida (c_1) si limita la condición de potencial agrícola al Este y se explica más adelante, periodo seco (c_2) limita ligeramente al Sur Oeste, neblina (c_3) es más común en parte alta con bosque pluvial pero aún en niveles de “muy fuerte” limita máximo hasta clase III, por tanto otras unidades de manejo tendrían más peso, y algo similar sucede con viento (c_4) que no alcanza a categoría “fuerte”, con más probabilidad “moderado” restringiendo a clase II.

En el caso de zona de vida, específicamente la presencia de bosque pluvial en la parte Este lo que limita y restringe a clase V debido a lámina de agua por encima de 8000 mm anuales y como tercera limitante que se observó por muestreo fue la fertilidad que se detalla más adelante.

Las zonas de vida presentes de acuerdo con Holdridge (1964) son 5:

- Bosque pluvial montano bajo (bp_MB) con biotemperatura 12-18°C.
- Bosque muy húmedo montano bajo (bmh_MB), con biotemperatura 12-18°C y precipitación de 4000 a 8000 mm al año.
- Bosque muy húmedo premontano bajo (bmh_P), con biotemperatura 18-24°C y precipitación de 4000 a 8000 mm al año.
- Bosque húmedo premontano (bh-P) con biotemperatura 18-24° C y precipitación de 2000 a 4000 mm al año.
- Bosque húmedo Montano bajo (bh-MB) con biotemperatura 12-18° C y precipitación de 2000 a 4000 mm al año.

2.2. Categorías de uso del suelo

La zona de estudio presenta un uso urbano denso en sus distritos, Calle Blancos, Guadalupe, Ipís, Mata de Plátano- sector este, Purral, San Francisco, para la zona de Rancho Redondo y el este de Mata de Plátano el uso predominante es rural.

De acuerdo con el uso en elaborado por ProDUS para el diagnóstico del Plan Regulador, un 41 % del cantón de Goicoechea corresponde a usos urbanos con 1297 ha, con un 26 % del cantón destinado a zona residencial. En la categoría de bosque se ubicó un 25 % del área total del cantón, equivalente a 807 ha, ubicado mayoritariamente en Rancho Redondo y Mata de Plátano.

En lo referente al uso agrícola y pecuario, el estudio del uso del suelo muestra un total de 990 ha, que corresponden con un 31,2 % del área total del cantón.

Tabla 2-1. Distribución porcentual de áreas según el uso de suelo en el cantón.

Usos del suelo	Área (Ha)	Porcentaje
Carretera pavimentada	228,06	7,2%
Residencial	841,69	26,6%
Comercial y servicios diversos	39,79	1,3%
Industrial	94,07	3,0%
Entidad gubernamental o pública	8,39	0,3%
Educación y cultura	30,36	1,0%
Salud y bienestar	5,46	0,2%
Transporte y almacenaje	7,71	0,2%
Otros servicios urbanos	13,19	0,4%
Cementerio	5,89	0,2%
Parque y zona verde	8,01	0,3%
Deporte y recreación	13,46	0,4%
Botadero, relleno o tajo	1,63	0,1%
Curso fluvial	5,73	0,2%
Agua superficial	0,290	0,0%
Hortalizas y granos	0,64	0,0%
Frutal	5,94	0,2%
Café	62,46	2,0%
Pastos	436,89	13,8%
Pastos con árboles dispersos	404,91	12,8%
Bosque	807,47	25,5%
Charral	67,18	2,1%
Otros cultivos	79,06	2,5%
Total	3168	100,0%

Fuente: ProDUS, 2020

2.3. Potencial agrícola por fertilidad del suelo

Para potencial de uso agrícola por fertilidad, en la nueva metodología de Capacidad de uso de Tierras Agroecológicas, la subclase fertilidad consta de 4 parámetros de fertilidad del suelo para su clasificación desde Muy baja hasta Alta quedando resumido en la siguiente tabla, indicaciones para clasificación. Es importante aclarar que, si las condiciones para una categoría no se cumplen del todo, la más limitante movería la categoría a la inferior que si la contenga por ser la más limitante, lo cual concuerda con la mecánica de la metodología de capacidad de uso de tierras agroecológicas para determinar la clase principal.

Tabla 2-2. 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

Parámetro de fertilidad	Categoría			
	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Bases (cmol(+))/L	>15	>5	<5	<5
Acidez	<0,3	<0,5	0,5-1	>1
pH	6,5-7,0	5,5-6,5	4,5-5.5	<4,5
% SA	< 10	<30	<50	>50

Nota: en la categoría para Bases, Baja y Mu Baja ambas se determinan a < 5 cmol(+)/L limitando la categoría general la presencia de mayor acidez, menor pH y/o %SA >50.

En la metodología para edafaptitud se recomienda medir la fertilidad de un suelo lo más cercano a condiciones naturales, es decir sin intervención antrópica (por el ser humano). Todos los puntos de muestreo se intentaron seleccionar donde la influencia por prácticas agrícolas o contaminación fuese mínima o nula. En varias ocasiones el muestreo de potrero fue la mejor opción con la ventaja de que no es común que apliquen fertilizantes en estos sistemas dada la extensión y el sistema de manejo usado, excepto si es para pasto de corta o apartos, lo cual no se dio en ninguno de los sitios muestreados. Los paisajes y puntos de muestreo fueron seleccionados en la medida de lo posible también con una pendiente compleja (100-150 m de longitud) tal y como se aprecia en las Figuras 4 a 9. La pendiente compleja es el tipo de pendiente que en la parte superior es plana o casi plana denominándosele parta alta (A), luego una zona de pendiente que se llama parte media (M) y por último una zona de deposición que se le nombró parte baja (B). De este modo, cada punto tiene una letra, representando las partes mencionadas respectivamente de donde se tomó la muestra compuesta de suelo producto de 3 a 5 barrenadas en un área de 4 a 9 m² de 0 a 30 cm de profundidad.

La intención de muestrear estos 3 sectores es porque representan zona de estados de erosión natural siendo de desgaste mayor en la parte alta, una etapa intermedia por lo general en la parte media y una zona de deposición de sedimentos y materia orgánica en la parte baja. Esta información puede ser usada para inferir el estado general de fertilidad en la zona de muestreo bajo estas 3 condiciones.

El muestreo se realizó en 2 días completos de recorrido de campo (24 y 26 de julio de 2020). Los análisis fueron realizados en los laboratorios de: Suelos y Foliar, y el de Recursos Naturales del Centro en Investigaciones Agronómicas (CIA-UCR). La metodología de IFAS requiere fertilidad básica, lo que se puede interpretar como suma de bases solamente, sin embargo, la metodología para capacidad de uso de Tierras Agroecológicas requiere además de bases, pH, acidez, % de saturación de acidez (SA). Los análisis de suelo realizados cubren además otros elementos (P, Zn, Cu, Fe y Mn) mediante solución extractora de Olsen modificado (KCl), además carbono y nitrógeno total (mediante autoanalizador de C/N por combustión seca), conductividad eléctrica y textura (distribución de partículas con base a arenas, arcillas y limos mediante método de Bouyucos).

La categoría de fertilidad en todos los puntos osciló entre Baja y Media con excepción del punto 7_b que corresponde a un lote dentro de un barrio y posiblemente conserva su fertilidad natural. Las condiciones de fertilidad de Baja y Media limitan en Clase de Capacidad de Uso Potencial de Tierras Agroecológicas a IV y II respectivamente. Sin embargo, la fertilidad es una condición que en la mayoría de las ocasiones es fácil de mejorar mediante el uso de fertilizantes sintéticos, enmiendas e incorporación de materia orgánica. Por tanto su límite a clase IV no es tan restrictivo como los son topografía por ejemplo.

En el Cuadro 3 se aprecia como el pH osciló entre 5,5 y 7,8 (puntos dentro del cantón), valores que no son de alerta para fines agrícolas (Bertsch 1995) y en forma similar la acidez no presentó valores altos que puedan ser perjudiciales para crecimiento radical de cultivos agrícolas. Por otro lado en 15 de 21 puntos muestreados la suma de bases fue menor a 10 cmol(+)/L y el %SA en su mayoría por debajo de 8, con nivel alto en punto 1M (Este de Goicoechea) debido a una baja suma de bases ya que la acidez rondaba el 0,34 solamente. En el caso de la materia orgánica (MO), se estimó a partir de carbono total, esta presentó valores con tendencia alta (3,3 a 7,5).

El P (fósforo) al ser un elemento típico en deficiencia en muchos suelos (Bertsch 1995), los valores bajos (<10) son de esperar y para fines agrícolas es uno de los que siempre se debe considerar para suministrar al suelo en caso de producción comercial. En el caso del fósforo en esta región podría ser la mayor limitante por la presencia de alófana la cual adsorbe el P e incluso en grandes cantidades. Sin embargo, resulta interesante que hubo 12 puntos donde se registró más de 10 ppm, incluso hasta poco más de 314 ppm (punto 4A) lo que sugiere que el manejo para fines agrícolas no siempre necesitará dosis altas de fósforo dado que no se evidencia gran adsorción por el suelo o son producto de áreas agrícolas previas bajo uso intensivo de fertilizaciones altas en P.

El Fe está en niveles muy altos y el Mn tienden a estar ligeramente por encima de lo recomendado de 5 ppm, sin embargo, los resultados de Fe y Mn en laboratorio no se recomiendan para hacer diagnósticos (Bertsch 1995).

Las texturas superficiales del suelo fueron bastantes constantes oscilando entre franco y franco arcilloso (arcillas alrededor de 30%) es decir texturas gruesas a medias que proporcionan buen drenaje

interno, baja densidad aparente pero baja superficie específica como lo evidencia el bajo nivel de bases. Por otro lado, son propensos a la erosión especialmente sin cobertura natural.

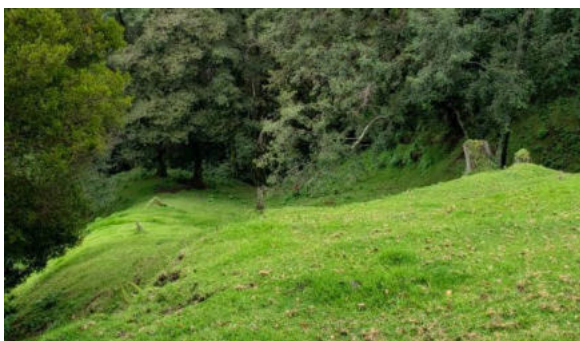


Figura 2-1 Punto de muestreo de suelo, punto Este, Goicoechea, zona de lecherías



Figura 2-2. Muestreo de suelo, punto 2. Este, Goicoechea, zona de lecherías

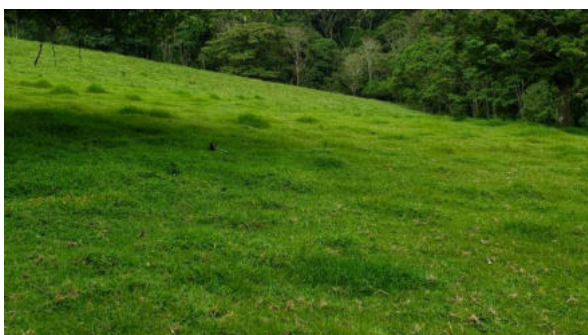


Figura 2-3. Muestreo de suelo, punto 3. Este, Goicoechea, cerca quebrada Jaboncillal, zona de lecherías

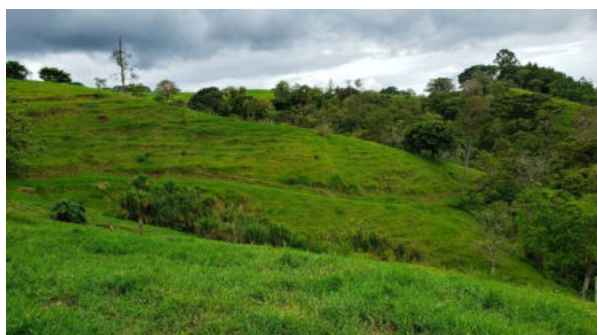


Figura 2-4. Muestreo de suelo, punto 4. Entre calle la Isla y Quebrada Jaboncillal. Goicoechea.

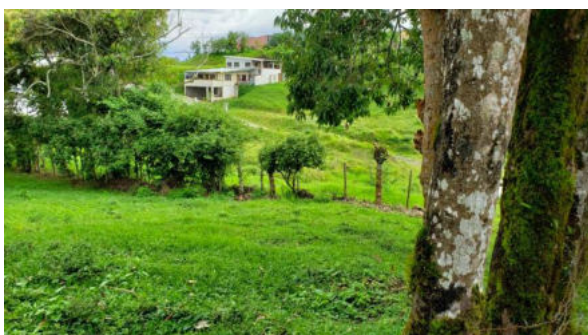


Figura 2-5. Muestreo de suelo, punto 5. Este de El Carmen, zona urbana, Goicoechea



Figura 2-6. Muestreo de suelo, punto 6. Purral, Goicoechea, zona urbana.



Figura 2-7. Muestreo de suelo, punto 7a. Oeste de Calle Blancos, Goicoechea. Zona residencial e industrial



Figura 2-8. Muestreo de suelo, punto 7b. Lote baldío al Norte de Calle Blancos, Goicoechea, zona residencial.



Figura 2-9. Muestreo de suelo, punto 7c. Este de Calle Blancos, Goicoechea, zona residencial.



Tabla 2-3. Resultados químicos y físicos (textura) de muestras de suelo provenientes del cantón de Goicoechea, Costa Rica. KCl-Olsen modificado como solución extractora. Metodología Bouyucos para textura. Muestreo: 24 y 27 de julio 2020.

Punto*	Coord. CRTM05		pH		cmol(+)/L					%	mg/L					%	Textura	
	E	N	H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	Bases	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	MO		N
			5.5	0.5	4	1	0,2	5	15		10	3	1	10	5			
1A	509706	1101519	5.7	0.21	4.1	2.2	1.11	7.67	7.5	3	60	16.	5	502	11	7.5	0.5	Fa
1M	509690	1101544	5.9	0.34	1.8	0.6	0.38	3.22	2.9	11	4	1.8	31	297	3	4.8	0.3	Fa
1B	509664	1101568	5.5	0.30	3.4	1.6	0.24	5.69	5.4	5	34	7.8	6	549	7	5.6	0.3	Fa
2A	506608	1101583	5.8	0.14	5.3	0.8	0.22	6.60	6.5	2	14	5.9	11	249	8	5.3	0.3	Fa
2M	506606	1101596	5.5	0.25	2.5	0.5	0.11	3.41	3.2	7	8	4.2	10	168	3	3.7	0.2	Fa
2B	506601	1101616	6.1	0.12	5.2	1.7	1.07	8.19	8.1	2	100	21.	9	405	6	7.0	0.5	Fa
3A	503966	1101548	5.7	0.32	2.7	0.6	0.43	4.12	3.8	8	9	10.	13	235	5	5.6	0.4	Fa
3M	503946	1101471	5.6	0.35	2.7	0.8	0.34	4.24	3.9	8	7	10.	13	218	5	6.5	0.4	Fa
3B	503873	1101390	5.9	0.12	4.3	1.0	0.30	5.79	5.7	2	16	9.5	9	174	3	5.1	0.3	Fa
4A	501305	1101716	6.6	0.14	9.1	3.4	2.87	15.5	15.4	0.9	314	22.	16	302	5	6.8	0.5	Fa
4M	501328	1101686	6.1	0.12	5.1	1.8	0.97	8.13	8.0	2	12	5.5	27	290	7	5.5	0.4	F
4B	501327	1101650	6.2	0.12	4.4	2.1	1.17	7.91	7.8	2	14	4.8	25	275	8	5.2	0.3	F
5A	499136	1100736	6.2	0.14	7.3	1.7	0.97	10.2	10.1	1	3	6.6	18	174	6	6.3	0.4	Fa
5M	499141	1100753	6.2	0.10	5.6	2.6	1.65	10.0	9.9	1	2	3.4	28	213	12	4.6	0.3	Fa
5B	499127	1100785	6.3	0.10	5.4	1.9	1.29	8.77	8.7	1	3	3.7	23	235	12	4.9	0.3	F
6A	496672	1100808	6.4	0.10	7.2	1.9	1.63	10.9	10.9	0.9	22	6.8	20	240	8	5.4	0.3	F



Punto*	Coord. CRTM05 E N		pH		cmol(+)/L					%	mg/L					%	Textura	
			H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE	Bases	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn	MO		N
			5.5	0.5	4	1	0,2	5	15		10	3	1	10	5			
6M	496651	1100801	6.1	0.11	5.5	1.7	0.81	8.19	8.1	1	3	4.7	21	226	7	4.3	0.3	F
6B	496630	1100782	6.2	0.10	5.2	2.4	1.31	9.14	9.0	1	4	4.8	42	237	11	3.7	0.2	FA
7A	492547	1099892	6.5	0.10	9.2	2.5	2.05	13.9	13.8	0.7	59	11.	21	234	15	5.0	0.3	FA
7M	492956	1100649	7.8	0.09	13.	0.8	1.29	16.0	15.9	0.6	38	84.	16	43	4	6.3	0.2	F
7B	493190	1099836	6.6	0.09	10.	3.5	1.17	15.0	15.0	0.6	20	16.	30	252	27	3.3	0.2	FA
Calic-1	499007	1103841	5.1	0.3	6.5	2.4	0.87	10.1	9.77	2.9	3	0.5	10	156	103	1.6		FA

Se midió conductividad eléctrica y resultó entre 0.1 y 0.6 mS/cm (>1.5 mS/cm se considera como alta presencia de sales). mS: milisiemens

*Toposecuencia de pendiente compleja a A: parte alta bajo efecto de erosión hídrica, M: parte media (mayor pendiente) y B: parte baja o de deposición.

MO: Estimado a partir del %C total multiplicado por 1.43 (R² de 0.95). Nombres texturales: FA es Franco arcilloso, Fa es franco arenoso y F es franco

2.4. Potencial agrícola por capacidad de uso del suelo

En el Mapa 2.2 se muestra la distribución espacial de los polígonos de Capacidad de Uso potencial para Tierras Agroecológicas. Como se observa en el mapa, en la parte central y Este del cantón, donde precisamente se ubica la parte agrícola y montañosa. Estas Tierras clase III son buenas para fines agrícolas complementadas con prácticas y estructuras de conservación de suelos en el cantón.

En la parte Oeste la Edafoaptitud corresponde a potencial de uso de Tierras clase II y III, cuyas limitantes principales fueron zona de vida (bosque muy húmedo) y pendientes. Estas últimas podrían ser modificadas artificialmente mediante construcción de terrazas (a un alto costo financiero), pero, aunque se logren bajar para pasar incluso como clase I o II, la zona de vida sigue limitando a clase II. Además, la mayor parte de las Tierras bajo clase II están con uso urbano. Las tierras clase IV corresponden a aproximadamente el 38% del área. Muchas de estas áreas corresponden a la parte media o central del cantón hacia el Este. Estas extensiones de tierra aún pueden ser cuidadas para fines agrícolas, las horas luz en esa zona son mejores que en la parte Este hacia la zona más montañosa, la lluvia limita menos, el periodo seco es más largo pero con riego estas tierras tienen en potencial agrícola aún para cultivos anuales, pero con diversas estructuras y prácticas de conservación de suelos. A pesar de que la fertilidad baja puede limitar hasta clase IV de capacidad de uso de Tierras agroecológicas, este puede ser manejada y lograr una mejora en condición en poco tiempo (< 1 año). Las Tierras clase V y VI corresponden a casi un 8% del área y se concentra al Este del cantón y algo más distribuidas en la parte media. Por último, las clases VII y VIII están concentradas en la parte más montañosa y alta del cantón al Este con una pequeña excepción por El Alto de Guadalupe que tiene alta pendiente pero muy localizada.

El resultado del IFA de Edafoaptitud (Mapa 2.3) concuerda con los resultados del factor de Categorías de uso de la tierra, donde las fragilidades ambientales moderadas, bajas y muy bajas se encuentran al oeste y parte media del cantón, y las fragilidades ambientales altas y muy altas se enfocan más al este del cantón donde se encuentran principalmente fincas de ganado para leche.

El componente edafoaptitud toma como base dos variables para otorgarle un índice numérico (1 a 5) que son: Capacidad de Uso Potencial de Tierras Ecológicas (CUTE) y el parámetro de fertilidad del suelo superficial. Sin embargo, las tierras con clasificación CUTE altas, es decir clases VII y VIII corresponden a un índice de 1. Por otro lado, la variable fertilidad (que ya fue considerada en la metodología CUTE dentro de las 14 unidades de manejo), unidad de manejo s4 en la metodología para CUTE si clasifica como “Alta” es condición propia para clases CUTE I (Tierras sin limitaciones para producción agrícola) y en la metodología edafoaptitud se le asigna índice 5, lo cual viene a ser

totalmente contradictorio y sumamente difícil que Tierras clase VII, VIII siempre tengan alta fertilidad, donde puede haber suelos muy erosionados o incluso poco formados. Por tanto, en vista de que la metodología para CUTE es oficial y está bien estructurada, es la que tiene prioridad para resultado final de edafoaptitud con base en criterio de experto que es permitido por la metodología. El componente fertilidad, aunque resulta reiterativo, se presentó por separado, con análisis pertinente a su aporte y refuerzo al resultado CUTE, pero no como índice sumatorio a la matriz en vista de que es incongruente, y promueve confusión.

A continuación, se mencionan las potencialidades y limitantes técnicas de la zona de estudio con respecto al resultado del IFA de Edafoaptitud.



Tabla 2-4. Índices IFA Edafoaptitud para el cantón de Goicoechea, limitantes y potencialidades técnicas vinculadas.

Índice	Limitantes técnicas	Potencialidades técnicas
1	<p>Relieve quebrado con pendientes de más de 55%. Muy propensos a la erosión hídrica y a deslizamientos en especial bajo Bosque pluvial y muy húmedo en años de eventos extremos con altas intensidades de lluvia o periodos de lluvia continua por más de 48 h. La fertilidad es moderada por pocas bases. La pendiente es la mayor restricción y no son suelos aptos para agricultura.</p>	<p>Aptos para bosques naturales (regeneración), belleza escénica, protección de áreas de recarga de acuíferos, reserva genética, fauna y flora.</p> <p>Además, pueden ser usados para ecoturismo con cuidado de un buen manejo de aguas y preservación de los recursos naturales. Sistemas ecológicos muy frágiles que deben ser intervenidos para actividades antrópicas lo menos posible.</p>
2	<p>Relieve ondulado con pendientes de 30 a 55% al Este del cantón. La erosión hídrica y los deslizamientos pueden suceder en especial bajo Bosque pluvial y muy húmedo en años de eventos extremos con altas intensidades de lluvia o periodos de lluvia continua por más de 48 h. Suelos de textura gruesa y media, que sin cobertura tiene índices de erodabilidad altos (fácilmente disturbados y lavados). Las altas pendientes limitan fuertemente su potencial agrícola para cultivos anuales.</p>	<p>Posibilidades de cultivos permanentes con sistema de drenaje por canales, uso de cobertura permanente y prácticas de conservación intensivas en las zonas. Las acequias de ladera pueden ser una buena opción (pendientes < 40%) pero mejor aún terrazas de banco con protección de taludes (2:1) Puede haber potencial para producción de cultivos en invernadero con un manejo adecuado de aguas residuales que no causen escorrentía erosiva pendiente abajo sino encausadas a flujos naturales, como riachuelos, quebradas o ríos.</p> <p>Ganado confinado estabulado (lecherías que son comunes en la zona) de tal forma que no se le permita transitar por las áreas potenciales de erosión y compactación. Además, hacer uso de pasto de corta evitando menor tránsito del ganado.</p>
3	<p>Zona de pendientes variadas (15-30% en la parte media y Este del cantón. La fertilidad es media a baja</p>	<p>Cultivos anuales bajo prácticas y estructuras intensas de conservación de suelos. Preferiblemente cultivos perennes (aguacate (<i>Persea</i></p>



Índice	Limitantes técnicas	Potencialidades técnicas
4	<p>con una posible caída de bases intercambiables en el paso de los años bajo uso agrícola intensivo. Su mayor restricción es pendiente y fertilidad.</p> <p>Las pendientes son entre 8-15%. La fertilidad es media a baja. Las condiciones ústicas (poca agua en periodo seco o precipitación menor al 50% de la evapotranspiración) son la principal limitante al Oeste del cantón.</p>	<p><i>americana</i>), manzana (<i>Malus domestica</i>) en parte alta al Este), ciruela (<i>Prunus cultivar</i>) y en general anuales de buena cobertura vegetal. También podrían cultivarse algunas especies forestales como Teca (<i>ectona grandis</i>) de alto valor comercial. Cuando la rentabilidad lo permita, algunas de estas áreas podrían utilizarse en ganadería de leche o doble propósito con baja carga animal (<2 cabezas/ha). En el caso de ganadería es indispensable el manejo de escorrentía localizada en caminos entre apartos. La disponibilidad de agua para riego mejoraría su potencial agrícola durante la época seca (noviembre a marzo o incluso abril).</p> <p>Gran parte del área es ondulada, por lo tanto son suelos con potencial agrícola bajo prácticas y técnicas de conservación de suelos. Cultivos de raíz superficial como anuales y cultivos permanentes serían ideales. También podrían utilizarse para la plantación de especies forestales y cultivos ornamentales. Producción bovina es viable preferiblemente con manejo de apartos para evitar pisoteo excesivo y deterioro de estructura del suelo.</p> <p>El suministro de agua de riego (por aspersión o goteo preferiblemente) ayudaría a incrementar el potencial agrícola en época de escasez por agua (noviembre a abril)</p>
5	<p>Las pendientes oscilan entre 0-8%. La fertilidad es media sobre todo por pocas bases. Las condiciones ústicas (poca agua en periodo seco) son la principal limitante al Oeste del cantón. La baja pendiente no es</p>	<p>Suelos aptos para fines agrícolas, su potencialidad se debería enfocar más en aprovechar las pocas áreas disponibles y las ventanas de venta de producto anual que es una limitante muy común en productores. Cultivos anuales son los recomendados (tales como tomate, chile dulce,</p>



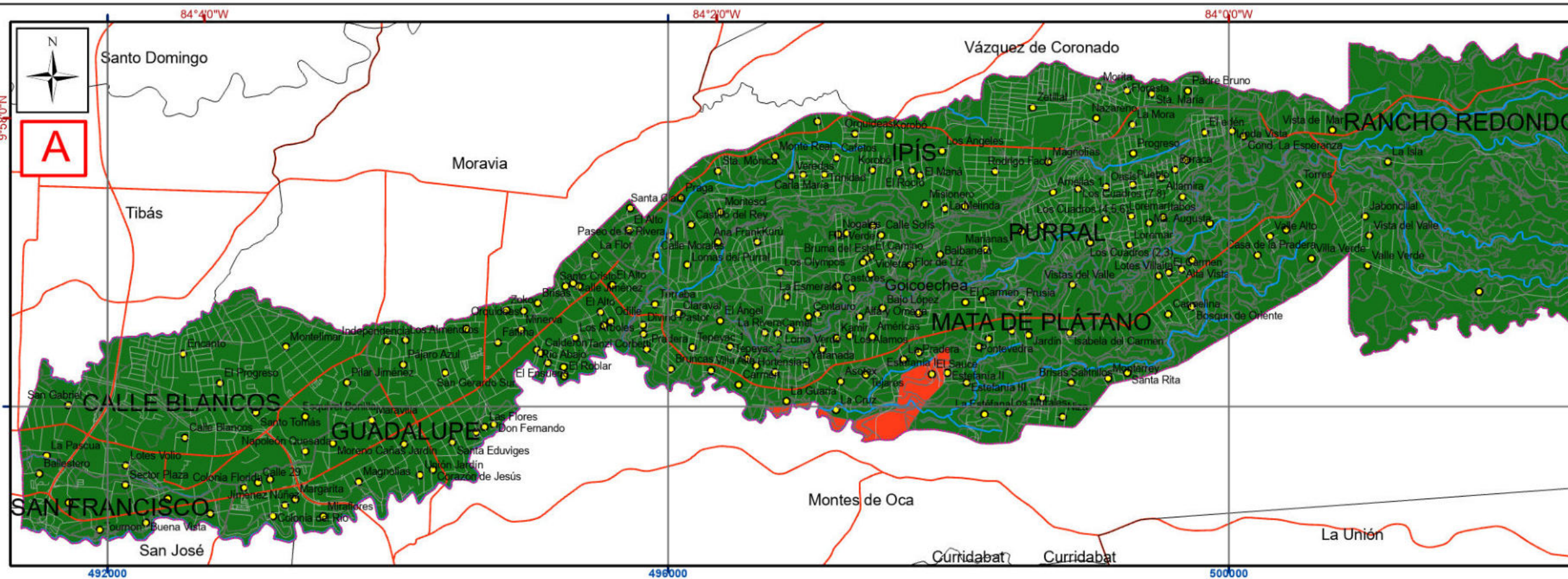
Índice	Limitantes técnicas	Potencialidades técnicas
<p>limitante para su capacidad agrícola, pero el drenaje sin manejo lo puede ser provocando erosión significativa ($>10 \text{ ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$). Sin embargo, esta zona está urbanizada casi por completo.</p>	<p>papa, zanahoria, remolacha). Además, se pueden considerar cultivos perennes tipo cítricos, aguacate, frutales, níspero, entre otros de zona alta.</p>	



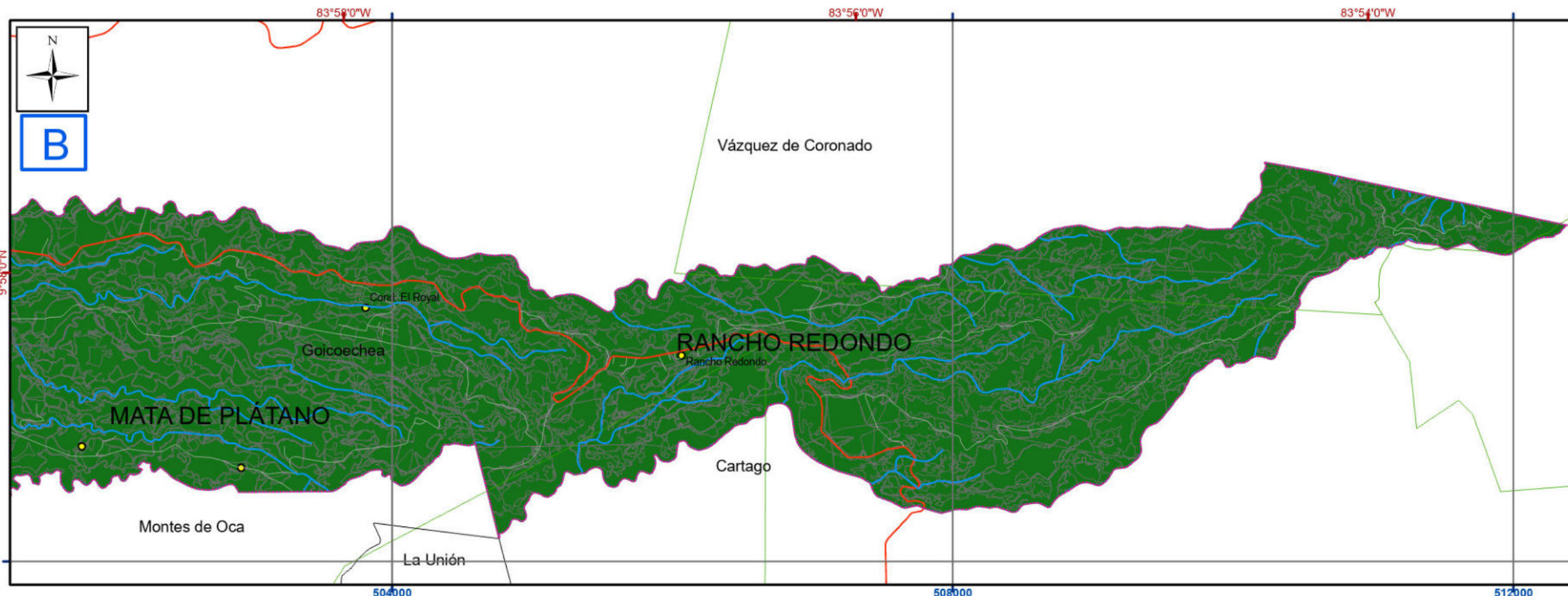
Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



- Simbología**
- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - Limite distrital
 - Cantones
 - ASP
 - Ríos
 - Red Vial Nacional
 - Carreteras municipales
 - Poblados
- SUBORDEN**
- Udands
 - Ustands



Mapa 2.1. Edafoaptitud. Tipo de suelo, Cantón de Goicoechea.

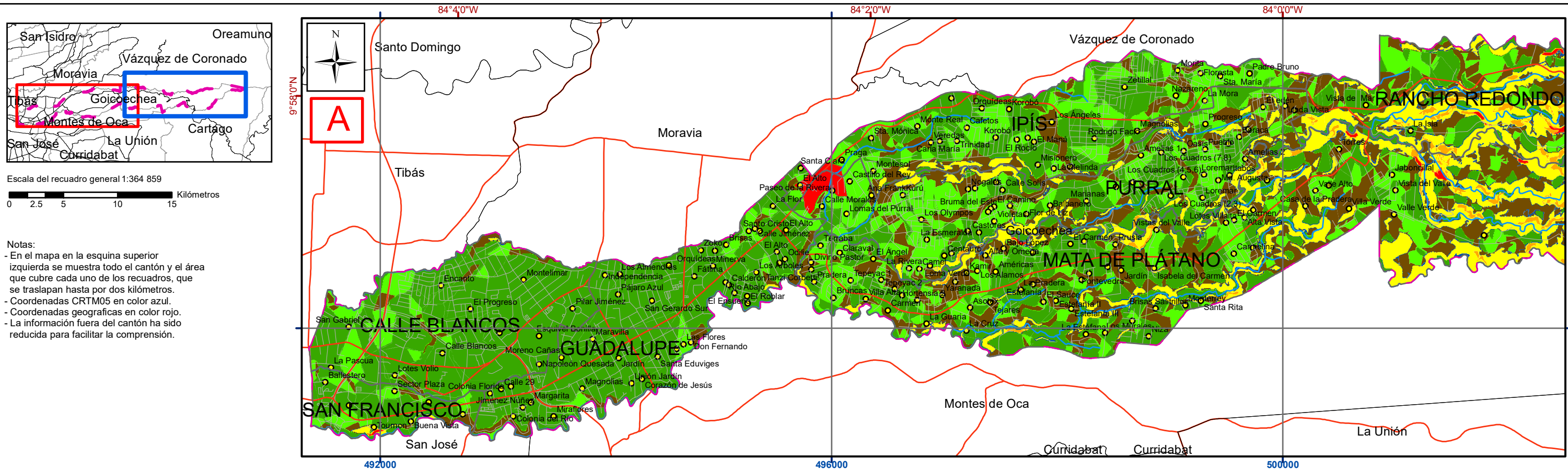
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesional responsable: M.Sc. Mario Villatoro S

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Notas:

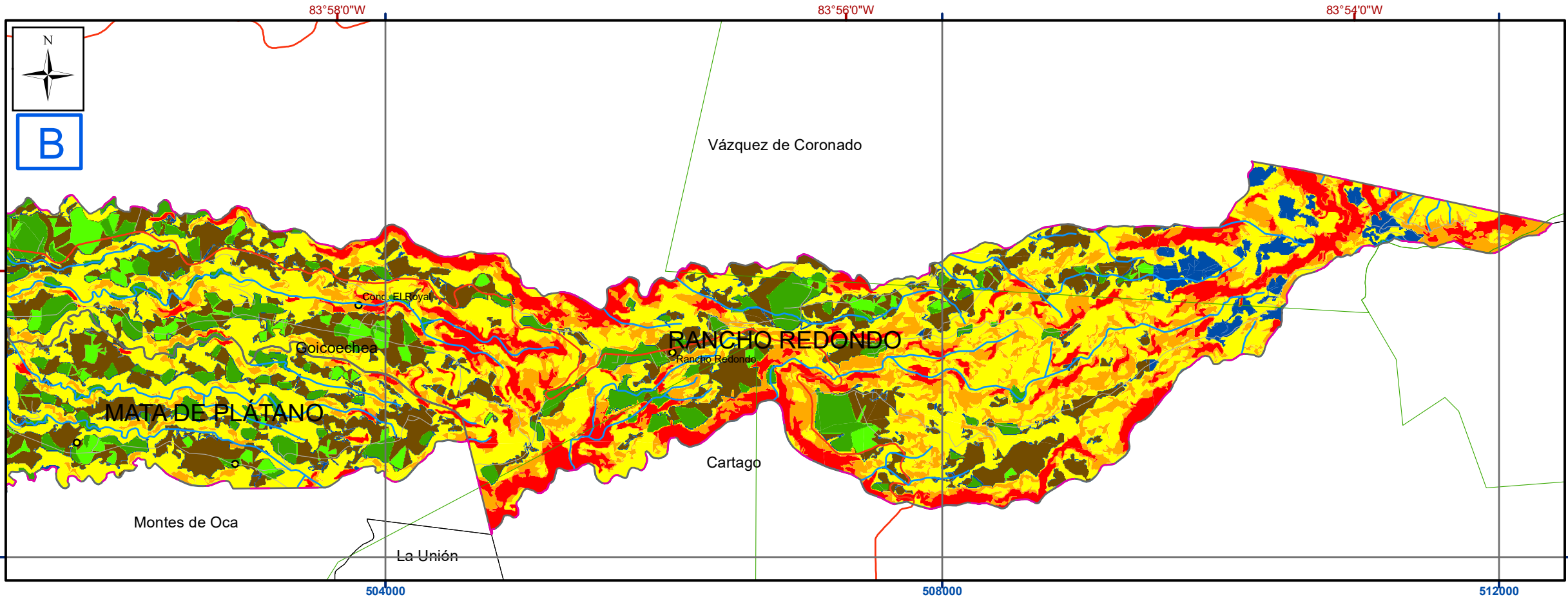
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geograficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

Simbología

- ┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Clase Capacidad de Uso

- II
- III
- IV
- V
- VI
- VII
- VIII



Mapa 2.2. Edafopoitividad. Capacidad de uso del suelo, Cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesional responsable: M.Sc. Mario Villatoro S

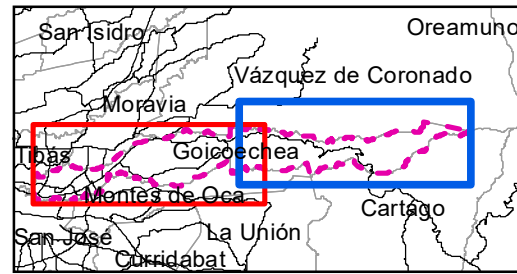
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

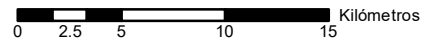
Transversal Mercator 05 (CRTM05)

Coordenadas geográficas



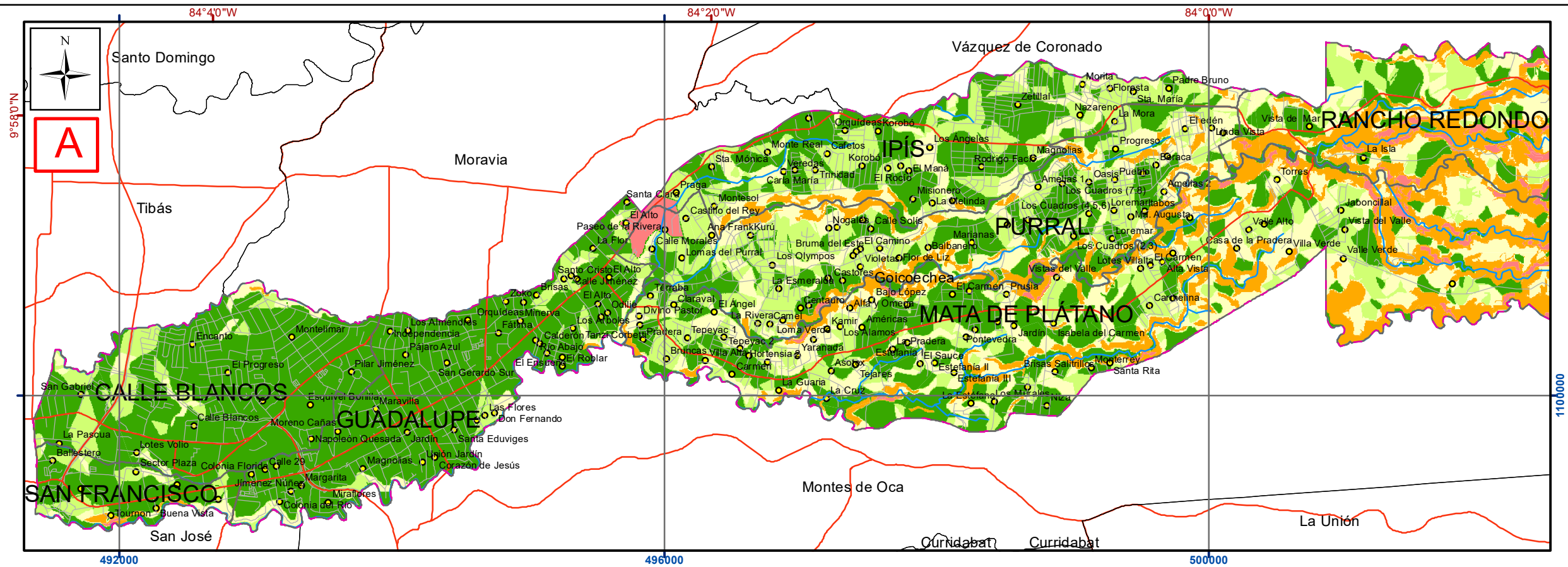


Escala del recuadro general 1:364 859



Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

 Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

 Limite distrital

 Cantones

 ASP

— Ríos

— Red Vial Nacional

— Carreteras municipales

● Poblados

IFA

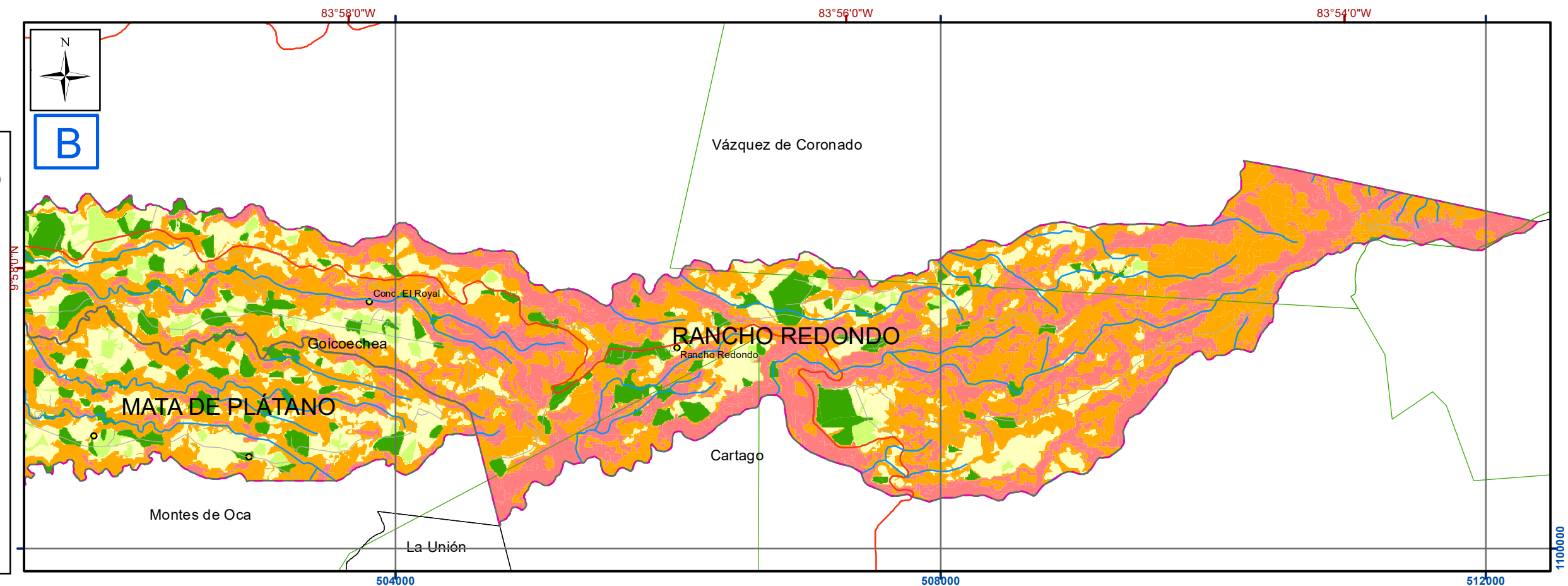
1

2

3

4

5



Mapa 2.3. Edafoaptitud. IFA Integrado de Edafoaptitud, Cantón de Goicoechea.

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesional responsable: M.Sc. Mario Villatoro S



Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



3. IFA Bioaptitud

El IFA bioaptitud pretende evaluar y cuantificar la información biológica del cantón; para ello se sirve de una serie de capas de información y una caracterización biológica. Para su cálculo se solicitan tres capas de información: cobertura biótica, áreas silvestres protegidas y potencial de corredor biológico.

A continuación, se resume mediante un diagrama de flujo el procedimiento de asignación y agrupación de variables empleado para este IFA. Este diagrama incluye información contextual que, además, sirve como fuente de información para el cálculo de las variables del IFA bioaptitud.

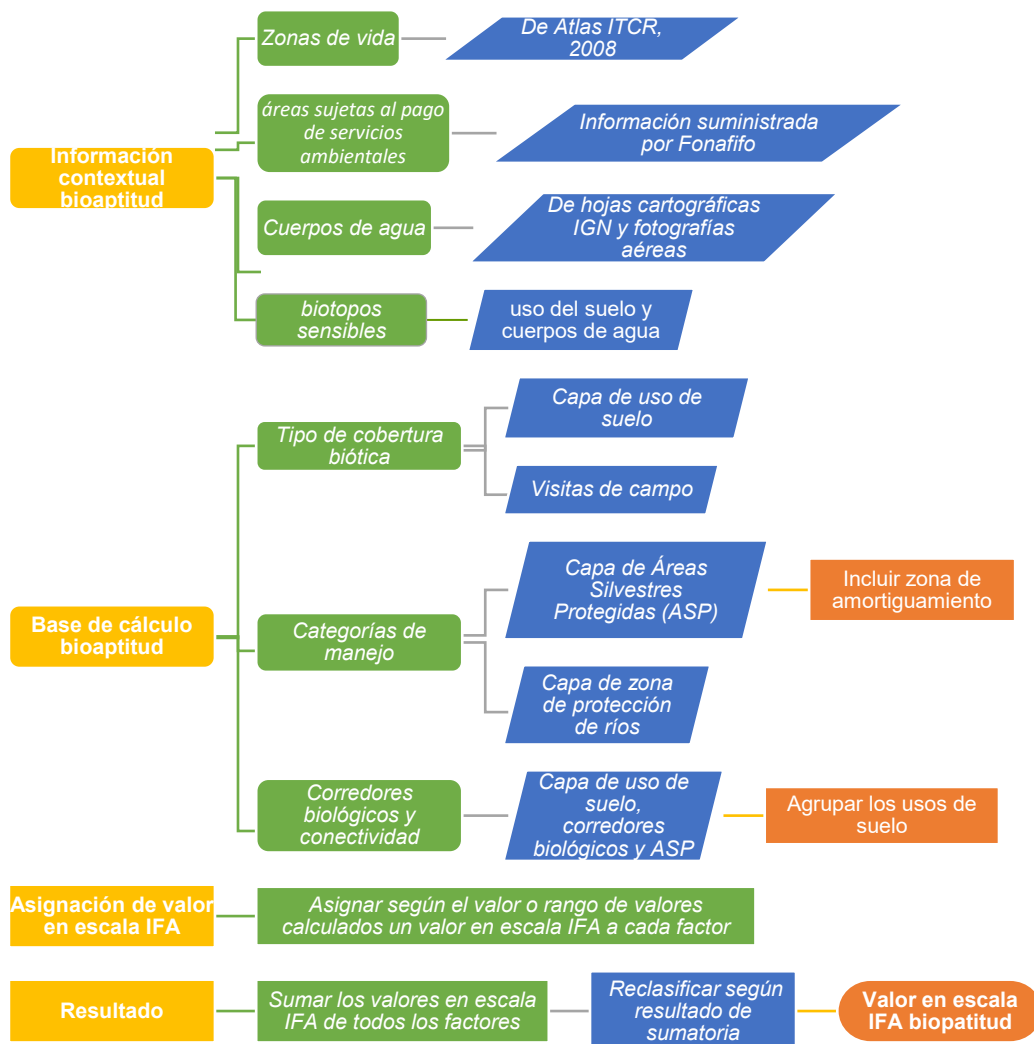


Figura 3-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA bioaptitud.

La descripción biológica fue realizada por el biólogo M.Sc. Marco Retana y se presenta a continuación, mientras que las capas de cálculo son creadas por el equipo de ProDUS- UCR. Dentro del informe, se incluyen las descripciones generales de las zonas de vida y valores climáticos y bioclimáticos disponibles para el área de estudio. Se debe tener presente que el IFA bioaptitud no permite valorar la fauna existente y los ecosistemas terrestres y acuáticos presentes.

3.1. Caracterización Biológica

M.Sc. Marco Retana

Generalidades del Cantón.

La fundación del cantón número 8 de la provincia de San José se ve consolidada con el nombramiento de Goicoechea en el año 1891, consta de 7 distritos, Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Mata de plátano, Ipís, Rancho Redondo y Purral. Con una extensión de 31,5 Km² y una población de 133 557 habitantes (INEC 2020).

El cantón posee más de su tercera parte del territorio urbanizado, comprendido por los distritos Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Ipís y Purral donde los únicos espacios con cobertura vegetal comprenden parques urbanos, cañones de ríos y quebradas con charral y algunos árboles pioneros dispersos. Los dos restantes distritos, Mata de Plátano y Rancho Redondo poseen aproximadamente las dos terceras partes de su territorio conformado por actividades de turismo, ganadería de leche, agricultura, plantaciones forestales y remanentes de bosque secundario en cañones de ríos y quebradas, pero en su mayor parte en el límite con áreas protegidas como el Parque Nacional Volcán Irazú y zonas protegidas como Coyotes y río Tiribí y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central.

En cuanto al relieve del cantón, cuenta con alturas sobre el nivel del mar que van desde los 1170 metros hasta los 3040 msnm en el Cerro Cabeza de Vaca, con cambios de altitud, precipitación (hasta de 1800mm) y humedad relativa que propician un clima templado de montaña con gran diversidad de flora y fauna que se ha visto desplazada por la actividad humana, urbana y como productiva debido a los ricos suelos de origen volcánico que posee el cantón.

Por otro lado, la hidrografía o sistema fluvial del cantón de Goicoechea, corresponde a la vertiente del Pacífico, drenando sus aguas hacia la cuenca del río Grande de Tárcoles. El cantón es recorrido por los ríos Purral, al que se le unen el río Navarro y la quebrada Mozotal, el río Ipís, el río Durazno, el río Torres, el río Tiribí y las quebradas Barreal, Cangrejos, Patalillo, Patal y Ribera. Todos los cursos de agua, excepto el río Torres, nacen en el este del cantón en la ladera oeste del cerro Cabeza de Vaca (Solano 2004). Es muy evidente la diferenciación de la calidad de aguas de los diferentes cauces, en las partes altas del cantón, se encuentran aguas relativamente limpias a simple vista, contrastante con la contaminación visual de las aguas dentro de las zonas urbanas, donde la mayoría de los ríos y quebradas se evidencian grados de contaminación en las aguas (Figura 1 y 2)



Figura 3-2. Diferenciación de posible calidad de aguas en partes altas y urbanas dentro del cantón de Goicoechea.

Metodología de la caracterización

El monitoreo e inspección del cantón se realizó durante finales del mes de agosto y principios de setiembre del 2020, con recorridos por los distritos, en zonas urbanas como rurales, cultivadas y con vegetación natural. Los recorridos se realizaron mediante un vehículo todo terreno, además se realizaron caminatas en sectores donde la topografía y los permisos de los pobladores lo permitían, así como en zonas seguras del cantón.

Para determinar la diversidad de anfibios y reptiles se utilizó la técnica de inspección por encuentros visuales establecida por varios autores (Heyer *et al.* 1994, Lips *et al.* 2001, Doan 2003, Savage 2002 y Solórzano 2004), los individuos encontrados fueron identificados en el campo mediante la ayuda de material didáctico de los autores mencionados además del expertiz profesional.

La diversidad de aves se registró durante los recorridos por el área como en caminatas por algunos sectores donde se evidenciaba posible recurso alimenticio para este grupo taxonómico, mediante búsqueda intensiva (Ralph *et al.* 1996, Stiles y Skutch 2007), aves de costa rica (Garriges 2007) y el CD de cantos de aves de Costa Rica (David y Ross 2001), Se registraron tanto las especies observadas como las escuchadas.

Para mamíferos terrestres y arborícolas se utilizó la técnica de búsqueda intensiva directa (observación de individuos) e indirecta (ubicación de rastros como huellas, excretas, sonidos, madrigueras y bañaderos). Las especies fueron identificadas y corroboradas con una guía de campo (REID 1997, Wainwright 2007).

Los sitios visitados fueron ubicados en hojas cartográficas y georeferenciados con un posicionador satelital GPS Garmin Map 62S.

3.2. Zonas sujetas a pagos por servicios ambientales

El Programa de Pago por Servicios Ambientales (PPSA) se trata de un “...reconocimiento financiero por parte del Estado, a través del Fonafifo, a los (las) propietarios(as) y poseedores(as) de bosque y plantaciones forestales por los servicios ambientales que éstos proveen y que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente.” (Fonafifo, 2020).

El Programa reconoce los servicios ambientales descritos a continuación, de acuerdo con La Ley Forestal N°7575:

- Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción).
- Protección de la biodiversidad para su conservación y uso sostenible, científico y farmacéutico, de investigación y de mejoramiento genético, así como para la protección de ecosistemas y formas de vida.
- Protección del agua para uso urbano, rural o hidroeléctrico.
- Belleza escénica natural para fines turísticos y científicos.

El Mapa 3.1 muestra las zonas sujetas a pagos por servicios ambientales en el cantón de Goicoechea. Solo existe un área de Pagos por Servicios Ambientales en el cantón, dedicada a cultivos forestales y de un poco más de 12 Ha, ubicada al norte del poblado de Rancho Redondo, en el límite entre Goicoechea y Vázquez de Coronado. Dicha zona también se encuentra dentro de la ASP Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central.

3.3. Biotopos sensibles y cuerpos de agua

Debido a la estrecha relación entre los cuerpos y cursos de agua y los biotopos sensibles en el cantón de Goicoechea, estos se discuten de manera conjunta en esta sección. Los biotopos sensibles y cauces de agua del cantón se muestran en el Mapa 3.2, mientras que los cuerpos de agua se muestran en el Mapa 3.3. El Mapa 3.2 muestra los ríos, y los biotopos sensibles asociados, equivalentes principalmente a las zonas boscosas. Los bosques existentes principalmente en las márgenes de los ríos y quebradas brindan conectividad mediante la conformación de corredores biológicos muy necesarios para la circulación de distintas especies de flora y fauna.

El mapa presenta las zonas de protección de los causes y cuerpos de agua según la legislación vigente (Ley Forestal N° 7575, artículo 33), que protegen 15 metros en zonas rurales (10 metros en zonas urbanas) a ambos lados de los márgenes de los ríos y quebradas (zonas riparias o de protección del cauce) o 50 metros en zonas quebradas.

El mapa oficial de humedales solo presenta un cuerpo de agua dentro del cantón de Goicoechea que corresponde a una pequeña laguna de menos de 2 000 m² ubicada a menos de un kilómetro al

noreste del centro de Rancho Redondo. A continuación se presenta la descripción biológica del cantón donde se presentan mayores detalles de los biotopos presentes.

Descripción biológica de los distritos

Flora y Fauna de distritos más urbanizados, Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Ipís y Purral.

De acuerdo al nivel de urbanismo y altitud sobre el nivel del mar podemos agrupar 5 distritos del cantón de Goicoechea para describir su flora y fauna ya que por esas condiciones presentan especies comunes en zonas alteradas y en el caso de la fauna especies que toleran la presencia humana, ya sea que salgan durante el día a sitios donde conviven con humanos o que se escondan o refugien y salgan de noche cuando hay menor actividad humana.

Los distritos como Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Ipís y Purral poseen en la mayoría de su territorio elevaciones entre los 1170 y 1300 metros sobre el nivel del mar (msnm), con casi la totalidad de su área urbanizada, quedando la vegetación existente restringida a orillas de cauces de ríos y quebradas, además de algunos parques urbanos con árboles aislados. Esta vegetación son árboles aislados, algunos plantados otros de forma natural, inmersos en pastizales, charrales, enredaderas o arbustos. En algunos sectores los árboles logran conectar sus copas formando un dosel de un remanente de bosque, pero en la mayoría de los casos, en las márgenes riparias, los árboles se encuentran de manera separada.

En Guadalupe se encontró vegetación remanente de un bosque ribereño en la quebrada Barreal, que comparte con Calle Blancos, un tramo del río Purral y a lo largo del río Torres, al igual que San Francisco, en este cantón también está la quebrada Cangrejos. En el distrito Ipís el río del mismo nombre y la quebrada Mozotal que comparte con el distrito Purral colindando con el río del mismo nombre.



Figura 3-3. Parte del río Torres y de los distritos Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Ipís y Purral con casi la totalidad de su área urbanizada con escasa cobertura arbórea en zonas riparias (Google Earth 2020).

Árboles más comunes.

Podemos mencionar algunas de las especies observadas como jaules (*Alnus acuminata*), aguacates (*Persea americana*), laurel (*Cordia alliodora*, *C. cymosa*), Sauco (*Sambucus nigra*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), orquídea de palo o casco de venado (*Bauhinia purpurea*), laurel de la india (*Ficus benjamina*), árbol del saprissa o flor nacional de Paraguay (*Brunfelsia pauciflora*), mangle de montaña (*Bravaisia integerrima*), dama (*Citharexylum donnell-smithii*), guitite (*Acnistus arborescens*), árbol de orégano (*Lippia myriocephala*), pavón (*Megaskepasma erythrochlamys*), guachipelín (*Diphysa americana*, *Diphysa* sp.), guayaba (*Psidium guajava*), ciprés (*Cupressus lusitanica*), pino (*Pinus caribea*), eucalipto (*Eucalyptus deglupta* y *E. gunnii*), mango (*Mangifera indica*), sota caballo (*Zygia longifolia*), jacaranda (*Jacaranda mimosifolia*), manzana rosa (*Syzygium jambos*), corteza (*Tabebuia ochracea*), acerola (*Malpighia glabra*), sonzapote (*Licania platypus*), manzana de agua (*Syzygium malaccense*), carambola (*Averrhoa carambola*), cas (*Psidium friedrichsthalium*), Uruca (*Trichilia hirta*, *T. havanensis*), lagartillo (*Zanthoxylum acuminatum*), níspero (*Eriobotrya japonica*), poró (*Erythrina poeppigiana*), higuerones (*Ficus máxima*, *F. costaricana*, *F. jimenezii*, *F. padifolia*, *F. costaricana*), nogal (*Juglans olanchana*), lorito (*Cojoba arborea*), candelillo (*Senna spectabilis*), vainillo (*Tecoma stans*), manzanillo (*Mauria heterophylla*), chilillo (*Picramnia antidesma*), yos (*Sapium glandulosum*), jocote (*Spondias purpurea*), tucuico (*Ardisia revoluta*), cacho de venado (*Dendropanax arboreus*), guácimo colorado (*Luehea seemannii*), lengua de vaca o maría (*Conostegia xalapensis*), nance (*Byrsonima crassifolia*), gravilea (*Grevillea robusta*), anona (*Annona cherimola*), limón dulce (*Citrus limetta*), cuadrado, banano, plátano (*Musa paradisiaca*), güíزارo (*Psidium guineense*), moquillo (*Saurauia montana*) (Anexo).

Estas especies de flora son de gran importancia para la fauna, debido a que la utilizan como refugio, alimento y hábitats potenciales en un entorno tan urbanizado, con especies que toleran y sobreviven en áreas alteradas y con presencia humana. Estos árboles en zonas riparias forman microcorredores potencializando la dispersión de la fauna y su sobrevivencia, siendo parte de un gran corredor conformado por el río Purral y Torres.

Fauna

En estos delgados hilos con algunos árboles que funcionan como microcorredores y hábitats potenciales podemos estimar la presencia ocasional o perenne de mamíferos como zorros pelones (*Didelphis marsupialis*), zorro hediondo (*Conepatus semistriatus*), yaguarundi (*Puma yaguarondi*), coyotes (*Canis latrans*), nutrias (*Lontra longicaudis*), pizotes (*Nasua narica*), mapaches (*Procyon lotor*), martillas (*Potos flavus*), algunos murciélagos (*Artibeus jamaicensis*, *Desmodus rotundus*, *Carollia* spp., *Glossophaga soricina*), armadillo (*Dasybus novemcinctus*), ratones (*Mus musculus*, *Reithrodontomys mexicanus*, *Sigmodon hispidus*), taltuzas (*Orthogeomys heterodus*, *O. cherrei*), ardillas (*Sciurus variegatoides*) (Anexo).

Se observaron algunos reptiles como gallegos y lagartijas en los arbustos o sustrato del bosque como *Norops polylepis*, *N. intermedius*, gecos (*Hemidactylus frenatus*), serpientes como corales (*Micrurus*

nigrocintus), lagartijeras (*Mastigodryas melanolomus*), boas o bequer (*Boa constrictor*), saperillas (*Leptodeira septentrionalis*), eventualmente podrían ser observadas otras especies, pero en un muestreo tan puntual, es poco probable que se puedan encontrar (Anexo).

En cuanto al grupo de las aves podemos ver y estimar la presencia de este grupo, especies propias de áreas abiertas y alteradas como en orillas de pozas o lagos artificiales algunos pichis (*Dendrocygna autumnalis*) y alzacolitas (*Actitis macularius*), gallinas de monte (*Aramides cajaneus*), en cañones de los ríos y quebradas los vencejones (*Streptoprocne zonaris*), colibríes (*Phaethornis striigularis*, *Chlorostilbon assimilis*, *Phaethornis guy*), tortolitas (*Columbina inca*, *C. talpacoti*), tijos o garrapateros (*Crotophaga ani*), cuyeos (*Nyctidromus albicollis*), gavilán chapulinero (*Rupornis magnirostris*), zopilotes como *Cathartes aura* y *Coragyps atratus*, comemaíz (*Zonotrichia capensis*), golondrinas (*Petrochelidon pyrrhonota*, *Stelgidopteryx serripennis*), oropéndulas (*Psarocolius decumanus*), zanates (*Quiscalus mexicanus*), reinita guardariveras (*Myiothlypis fulvicauda*), mieleros y tangaras (*Dacnis venusta*, *Ramphocelus costaricensis*, *Thraupis episcopus* y *T. palmarum*), soterrés (*Catorchilus semibadius*), pechoamarillos (*Megarhynchus pitangua*, *Pitangus sulphuratus*, *Tyrannus melancholicus*), carpinteros (*Melanerpes chrysauchen*), pericos (*Brotogeris jugularis*), búhos y lechuzas (*Ciccaba virgata*, *Pulsatrix perspicillata*), entre otras (Anexo).

Las especies de anfibios en esta área debería ser considerables ya que existen varias quebradas y ríos, sin embargo, la condición de estos cauces con una delgada franja de vegetación y altos niveles de contaminación y basura podrían comprometer la supervivencia de estas especies. Entre los anfibios más comunes en el área podemos encontrar ranas de hojarasca de la familia Eleutherodactylidae como *Diasporus diastema*, *Craugastor fitzingeri* de la familia Craugastoridae y *Smilisca sordida* por parte de las ranas semiarborícolas (Hylidae). Así mismo especies comunes en áreas urbanizadas como el sapo común *Rhinella horribilis* de la familia Bufonidae, entre otras (Anexo).

Flora y Fauna de los distritos menos urbanizados, Mata de Plátano y Rancho Redondo.

El distrito Mata de Plátano posee casi la mitad de su territorio urbanizado, sobre todo en el sector Jaboncillal, sin embargo, el resto del distrito, al igual que su homólogo vecino Rancho Redondo poseen viviendas inmersas en potreros con árboles dispersos y en cercas vivas, así como pequeños reductos de remanentes de bosque secundario asociados a ríos, quebradas y nacientes (Figura 3.4).



Figura 3-4. Árboles en potreros y zonas de recarga acuífera de los contribuyentes de los ríos con cobertura arbórea y altas pendientes.

Ambos distritos se consideran de suma importancia para la conservación del agua ya que poseen el mayor porcentaje de cobertura arbórea del cantón (20-40%) y nacen importantes afluentes de ríos y quebradas, afirmando esto, se observaron instalaciones del AyA en el área. En Mata Redonda nace el río Purral, mediante tres afluentes y también nace la quebrada Platal que más abajo se llama quebrada Patalillo. Por su parte, en Rancho Redondo, nace el río Tiribí, Navarro y Durazno, además de la quebrada Corralillo. Se pueden observar también las quebradas Jaboncillal, Yoyitos y María Auxiliadora.

Sumado a la importancia por nacientes y los más altos porcentajes de cobertura arbórea está la presencia 50 hectáreas de la Zona Protectora río Tiribí. Esto favorece la conectividad con la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, de donde procede la mayoría de especies de flora como de fauna y que se podrían encontrar en el corredor biológico formado por la cobertura vegetal de los ríos Purral, Tiribí, Torres y sus afluentes.

Las elevaciones sobre el nivel del mar de los distritos Mata de Plátano y Rancho Redondo van desde los 1355 hasta los 3040 msnm en el Cerro Cabeza de Vaca, extremo este del cantón, punto limítrofe entre Goicoechea y los cantones de Cartago y Vázquez de Coronado.

En estos sitios se observaron vehículos como cuadracillos y motocicletas de cilindraje considerable haciendo lo que popularmente se conoce como “motocross” debido a las altas pendientes y el mal estado del camino, lo cual genera ruido para la fauna, mayor daño en el camino y probabilidad de accidentes. Se recomienda mejorar el estado del camino y establecer regulaciones, ya que es el camino de acceso para los pobladores de la zona y por dónde trasladan y comercializan sus productos (Figura 3.5).



Figura 3-5. Zona más alta del cantón, con pastizales, árboles dispersos y cobertura arbórea aledaña a cauces de contribuyentes de los ríos del cantón evidenciando conectividad con la Cordillera Volcánica Central,

Árboles más comunes.

Algunos de los árboles observados en el área de estudio fueron el sotacaballo (*Zygia longifolia*), espavel (*Anacardium excelsum*), el lagartillo (*Zanthoxylum acuminatum*), jaules (*Alnus acuminata*), aguacates (*Persea americana*), laurel (*C. cymosa*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), laurel de la india (*Ficus benjamina*), mangle de montaña (*Bravaisia integerrima*), dama (*Citharexylum donnell-smithii*), guitite (*Acnistus arborescens*), árbol de orégano (*Lippia myriocephala*), ciprés (*Cupressus lusitanica*), pino (*Pinus caribea*), eucalipto (*Eucalyptus deglupta*), cas (*Psidium friedrichsthalium*), níspero (*Eriobotrya japonica*), poró (*Erythrina poeppigiana*), higueros (*Ficus máxima*, *F. costaricana*, *F. jimenezii*, *F. padifolia*, *F. costaricana*), nogal (*Juglans olanchana*), candelillo (*Senna spectabilis*), manzanillo (*Mauria heterophylla*), chilillo (*Picramnia antidesma*), yos (*Sapium glandulosum*), tucuico (*Ardisia revoluta*), cacho de venado (*Dendropanax arboreus*), guácimo colorado (*Luehea seemannii*), lengua de vaca o maría (*Conostegia xalapensis*), nance (*Byrsonima crassifolia*), gravilea (*Grevillea robusta*), anona (*Annona cherimola*), moquillo (*Saurauia montana*), sauce criollo (*Salix humboldtiana*), mango (*Mangifera indica*), casuarina o pino australiano (*Casuarina cunninghamiana*), ceiba (*Ceiba pentandra*), itabo (*Yucca elephantipes*), colpachí (*Croton niveus*), cedro dulce (*Cedrela tonduzii*), cedro nogal (*Juglans olanchana*), papayillo (*Bocconia frutescens*), dama (*Citharexylum donnell-smithii*), orégano de árbol (*Lippia myriocephala*), tubú (*Montanoa guatemalensis*), azulillo (*Ilex lamprophylla*), hoja de salvia (*Buddleja nitida*), capulín (*Trema integerrima*, *T. micrantha*), zorrillo (*Cestrum aurantiacum*), lengua de vaca (*Miconia argentea*, *M. affinis*, *Conostegia xalapensis*), liriotropo (*Hedychium coronarium*), guayabo (*Myrcianthes storkii*), tucuico (*Ardisia revoluta*), robles (*Quercus costaricensis*, *Q. seemannii*), aguacatillos (*Nectandra membranacea*, *Ocotea austini*, *O. veraguensis*, *Persea americana*), magnolias (*Magnolia poasana*), manteco (*Trichilia hirta*), arrayán o cebo (*Morella cerifera*), cas (*Psidium friedrichsthalium*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), burío (*Heliocarpus appendiculatus*), burío ratón (*Hampea appendiculata*), corcho (*Melaleuca quinquenervia*), anona (*Annona cherimola*), ortiga (*Myriocarpa longipes*), pilón (*Alchornea latifolia*), *Perrottetia longistylis*, nance macho (*Clethra costaricensis*, *C. mexicana*), lloró (*Cornus disciflora*), escobo negro (*Terminalia*

bucidoides), cedrillo (*Brunellia standleyana*), guarumo (*Coussapoa parvisceps*), cheflera o papayillo (*Schefflera rodriguesiana*), tirá (*Ulmus mexicana*) (Anexo).

Fauna

Por la conectividad existente con la Cordillera Volcánica Central, la fauna que podría ocurrir en los distritos Mata de Plátano y Rancho Redondo constaría de importantes especies en tamaño, rol ecológico y con estados poblacionales delicados y vulnerables.

Muchas de las especies se prevé que procedan de las grandes áreas silvestres protegidas mencionadas ocurriendo de manera temporal y en sitios muy cercanos a la cordillera o cañones de los ríos y quebradas con más bosque debido a la necesidad de hábitats grandes y recurso alimenticio como dantas (*Tapirus bairdii*), cabro de monte (*Mazama temama*), felinos (*Puma concolor*), saínos (*Pecari tajacu*), tigrillo (*Leopardus tigrinus*), yaguarundi (*Puma yaguarondi*), manigordo (*L. pardalis*), grisón (*Galictis vittata*), nutrias (*Lontra longicaudis*), conejo de monte (*Sylvilagus dicei*), zorros pelones (*Didelphis marsupialis*), zorrí (*Marmosa mexicana*), zorro hediondo (*Conepatus semistriatus*), coyotes (*Canis latrans*), pizotes (*Nasua narica*), martillas (*potos flavus*), algunos murciélagos (*Artibeus jamaicensis*, *Artibeus watsoni*, *Desmodus rotundus*, *Carollia spp.*, *Glossophaga soricina*, *Sturnira lilium*, *Vampyressa pusilla*), armadillo (*Dasyus novemcinctus*), ratones de altura (*Reithrodontomys rodriguezii*), *Peromyscus mexicanus*), taltuzas (*Orthogeomys heterodus*, *O. cherrei*), ardillas (*Microsciurus alfari*), toluco (*Eira barbara*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), mono Congo (*Alouatta palliata*), mono carablanca (*Cebus imitator*) y tepezcuinte (*Cuniculus paca*), zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) (Anexo).

Se estima la presencia de algunos reptiles como gallegos y lagartijas en los árboles o sustrato del bosque *Norops polylepis*, *N. intermedius*, *N. limifrons*, *N. oxylophus*, geco cola naranja (*Lepidoblepharis xanthostigma*), lagartija caimán (*Celestus cyanochloris*), serpientes como corales (*Micrurus nigrocinctus*), lagartijeras (*Mastigodryas melanolomus*), boas como la bequer (*Boa constrictor*), saperillas (*Leptodeira septentrionalis*), hojarasqueras (*Coniophanes fissidens*, *Rhadinaea decorata*), serpiente de látigo (*Chironius grandisquamis*), bejuquillas (*Imantodes cenchoa*), loras falsas (*Leptophis ahaetulla*), lora venenosa (*Bothriechis lateralis*), entre otras (Anexo).

En cuanto al grupo de las aves podemos mencionar aves propias de áreas con mayor cobertura arbórea y cercanía a las montañas, gallinas de monte (*Aramides cajaneus*), vencejones (*Streptoprocne zonaris*), colibríes (*Phaethornis striigularis*, *Chlorostilbon assimilis*, *Phaethornis guy*, *Heliomaster longirostris*, *Amazilia decora*, *Amazilia amabilis*), tortolitas (*Claravis pretiosa*, *Patagioenas nigrirostris*, *Leptotila verreauxi*), tijos o garrapateros (*Crotophaga ani*), cuyeos (*Nyctidromus albicollis*), gavilán chapulinero, tijereta y aguillito listado (*Rupornis magnirostris*, *Elanoides forficatus*, *Spizaetus tyrannus*), zopilotes como *Cathartes aura* y *Coragyps atratus*, comemaíz (*Zonotrichia capensis*), golondrinas (*Pygochelidon cyanoleuca*, *Petrochelidon pyrrhonota*, *Stelgidopteryx serripennis*), oropéndulas y urracas pardas (*Psarocolius decumanus*, *Psilorhinus*

morio), zanates (*Quiscalus mexicanus*), reinita guardarriveras (*Myiothlypis fulvicauda*), mieleros y tangaras (*Dacnis venusta*, *Ramphocelus costaricensis*, *Thraupis episcopus*, *T. palmarum*, *Chlorophanes spiza*), soterrés (*Catorchilus semibadius*), pechoamarillos (*Megarhynchus pitangua*, *Pitangus sulphuratus*, *Tyrannus melancholicus*), carpinteros (*Melanerpes chrysauchen*, *Melanerpes rubricapillus*), tucán (*Ramphastos ambiguus*), pericos copete rojo y aliazulfrado (*Brotogeris jugularis*, *Pyrrhura hoffmanni*), búhos y lechuzas (*Ciccaba virgata*, *Glaucidium brasilianum*, *Pulsatrix perspicillata*), martín pescador (*Chloroceryle americana*), bobo (*Momotus lessonii*), cuclillo listado (*Tapera naevia*), codornices (*Colinus cristatus*, *C. leucopogon*), tangaras y saltarines (*Habia rubica*, *Saltator maximus*), pájaro campana (*Procnias tricarunculatus*), cotingas (*Cotinga ridgwayi*), gallitos de montaña (*Formicarius analis*), yigüirros (*Turdus grayi*, *Turdus nigrescens*), tinamús (*Crypturellus soui*, *Tinamus major*), trogón coliplomizo (*Trogon massena*), quetzal (*Pharomachrus mocinno*), entre otras (Anexo).

En cuanto a los anfibios en el área podemos encontrar pocas especies, comúnmente de la familia Eleutherodactylidae y en menor cantidad Craugastoridae y Strabomantidae, con desarrollo directo, habitando en la mayoría de los casos la hojarasca, orillas de caminos o charral cerca de las quebradas. Algunas de ellas en el área de estudio con mayor cobertura arbórea como *Diasporus diastema*, *Pristimantis ridens*, *Craugastor fitzingeri*. Otra familia importante es Hylidae, ranas arborícolas como *Smilisca phaeota*, *S. sórdida* y *Duellmanohyla rufioculis* una especie endémica y amenazada, esperada en el sitio. Estas especies son muy susceptibles a la contaminación con herbicidas, gases y al calor por deforestación o desarrollo urbano cerca de sus hábitats.

En menor cantidad especies de desarrollo indirecto que son importantes indicadores de la contaminación en los cauces lo que los hace víctimas de cauces sin cobertura arbórea, basura y aguas contaminadas. Entre ellas familias como Centrolenidae, las ranas de vidrio, *Cochranella granulosa*, *Sachatamia albomaculata*, familia Ranidae, especie *Lithobates warszewitschii*, y familia Bufonidae, con la especie más común del país *Rhinella horribilis*, el sapo común e *Incilius coniferus*, entre otros (Anexo).

3.4. Zonas de Vida descritas para el cantón

Para realizar una descripción de las principales zonas de vida del cantón Goicoechea, se utilizó la clasificación de Zonas de Vida de L.R. Holdridge (1987 adaptado por el autor Bolaños *et al.* 2005). Las zonas de vida involucran ámbitos bióticos específicos, determinados por factores climáticos fundamentales (específicamente temperatura, precipitación y humedad), altitud sobre el nivel del mar y su integración a los sistemas bióticos presentes. Se debe subrayar que la clasificación por zonas de vida se refiere a las variables de geografía física mencionadas, no al uso del suelo.

En este sentido, una zona de vida permite conocer el tipo de ecosistema que se desarrollaría en los pisos altitudinales definidos (potencialmente), caso de que existiera bosque primario o

naturalmente desarrollado con especies nativas de la zona en cuestión. Las zonas de vida presentes en el área estudiada se muestran en el Mapa 3.4 y se describen a continuación.

Bosque Húmedo Premontano (bh-P) (1000-2000mmm)

En esta zona de vida se ubicaron los distritos San Francisco, Calle Blancos, Guadalupe y una pequeña parte de Ipis, Purral y Mata de plátano. La parte más urbanizada del cantón de Goicoechea se encuentra dentro de esta zona de vida, Bosque Húmedo Premontano (bh-P), constituido en el área de estudio por escasa vegetación ribereña del río Torres, la quebrada Cangrejos y otras quebradas de menor cauce con zonas de protección muy angostas y poco densas a nivel de cobertura vegetal.

En este caso los árboles presentes están rodeados por urbanismo, en relieves con pendiente en la mayoría de los casos mayores al 10% y en muchos casos a 30%, dispuestos de forma irregular, en pocos segmentos conforman un dosel, muchas veces solitarios en una matriz de hierbas o arbustos y enredaderas. En otras áreas los árboles están en potreros, cercas vivas y pequeños parques o bulevares.

Según el sistema de zonas de vida de Holdridge (Bolaños *et al.* 2005) 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 ámbito de precipitación varía entre 1200 y 2200 mm, como promedio anual y su biotemperatura oscila entre 17 y 24 ° C. Presenta un periodo seco de 3.5 a más de 5 meses. El tipo de bosque predominante es semidecídulo, con pocas epífitas, en dos estratos, árboles con fustes cortos y macizos, poco denso y con alturas inferiores a los 25 metros.

Bosque muy húmedo premontano (bmh-P) (2000-400mm)

En esta zona de vida se encuentra casi la totalidad de los distritos Ipis y Purral mientras que de Mata de Plátano aproximadamente el 50% de su área. La flora y fauna silvestre se encuentra mayormente en un tramo de la zona de protección del río Torres, Ipis, Purral y quebradas Mozotal, Patalillo y otras menores o sin nombre en la zona.

Esta zona de vida posee un rango de precipitación mayor que la anterior, 2000 a 4000 mm como promedio anual (Bolaños *et al.*, 2005). Comprende partes bajas de cordilleras (500-1500 metros sobre el nivel del mar aproximadamente) en ambas vertientes. Existiendo una gran variedad de condiciones edáficas. La vegetación del bosque original está constituida por especies como: *Scheffera morototoni* (fosforilo), *Vochysia allenii* (botarrama), *Ruopala montana* (carne asada), *Cedrela odorata* (Cedro amargo), *Turpinia occidentalis* (falso cristóbal), *Ulmus mexicana* (tirá), entre otras especies.

Bosque muy húmedo montano bajo (bmh-MB) (2000-4000mm)

En esta zona de vida se encuentra casi la totalidad del territorio del distrito Rancho redondo, además de una pequeña parte de Mata de Plátano y Purral. Esta parte del cantón es de gran importancia para la conservación de flora, fauna y fuentes de agua, además, estamos ante la presencia del bosque nuboso, con precipitaciones cercanas a los 4000 mm y con cobertura boscosa en latitudes superiores funge como una gran zona de recarga acuífera. Esto lo evidencia las nacientes de ríos y quebradas como el río Navarro, Ipís, Tiribí y Purral. Así mismo las quebradas Patalillo, Patal, Salitral y Corralillo.

Por lo anterior es un sector con remanentes de bosque que mantienen fauna y flora, proporcionando hábitats, refugio, rutas de dispersión y reservorio de material genético de muchas especies conformando parte de un corredor biológico proveniente de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, especialmente del Parque Nacional Volcán Irazú con presencia de neblina durante largos periodos durante el día y en transcurso del año, típico de este bosque nuboso de Costa Rica.

Los terrenos de esta zona de vida son en su mayoría de topografía accidentada, con ladera expuesta a vientos (que traen considerable humedad). Esta formación se ubica en las partes altas de las cordilleras, superando los 2000 msnm, donde predomina el género *Quercus*, *Alnus acuminata* (jaúl), *Cornus disciflora* (lloró), *Magnolia poasana* (magnolia), entre otras. Los troncos de los árboles están cubiertos por abundantes epifitas (Bolaños *et al.* 2005).

Bosque húmedo montano bajo (bh-MB) (1000-2000mm)

En esta zona de vida se encuentra el resto del territorio de Mata de Plátano. Por su parte el distrito Rancho Redondo posee quizá más del 75% de su área en esta zona de vida, incluyendo parte de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central y de la Zona Protectora río Tiribí.

Esta zona de vida presenta un periodo efectivamente seco moderado entre 2 a 4 meses secos (Bolaños *et al.*, 2005), en zonas con altitudes entre los 1400 y 2100 msnm con bosques de baja altura, dos estratos, poco densos, abundantes epifitas y siempreverde. En estos sectores es común encontrar especies como los aguacatillos y quizarrá (Familia Lauraceae) (*Cinnamomum triplinerve*, *Ocotea veraguensis*, *Nectandra latifolia*, *Persea americana*), cedro dulce (*Cedrela tonduzii*) y asteráceas como *Montanoa guatemalensis*, entre otras.

Bosque pluvial montano (bp-M) (2000-4000mm)

En esta zona de vida se encuentra gran parte del distrito Rancho Redondo, con territorio dentro de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central.

Esta zona de vida, presenta un rango de precipitación entre 2200 y 4500 mm anuales en promedio (Bolaños *et al.* 2005), incluye territorios cercanos a las faldas del Volcán Irazú, como en este caso. Esta zona de vida presenta en las partes más altas vegetación predominante como *Chusquea sp*, *Artostaphylos sp*, *Pernetia sp*, *Vaccinium consanguineum*, *Senecio sp*. Sobre los 3500 msnm, se

presenta el límite superior de crecimiento de árboles, sobre esta altura, la vegetación se torna a una forma enana o bien el componente arbóreo desaparece.

3.5. Tipo de Cobertura Biótica

El Mapa 3.5 presenta la cobertura del cantón clasificada según el decreto N°32967. Del mapa es evidente que el tipo de cobertura predominante es zonas de uso antrópico como zonas urbanas, zonas de pastos y cultivos (IFA 5). En esta categoría sobresalen las zonas urbanas de los distritos de San Francisco, Calle Blancos, Guadalupe, Ipís, Purral y la parte oeste de Mata de Plátano. En la categoría IFA 4 se encuentran los potreros arbolados del cantón. La gran mayoría de los bosques del cantón se consideran bosques secundarios en recuperación y por lo tanto tienen categoría IFA 3. Una porción de los bosques en la zona alta al este del cantón se clasificó como bosque secundario y por lo tanto con un valor IFA 2. Finalmente, según el trabajo de campo no se considera que exista bosque primario en el cantón y por lo tanto ninguna zona presenta valor IFA 1.

3.6. Categorías de Manejo

El Mapa 3.6 presenta las categorías de manejo clasificadas según el decreto N°32967. El cantón solo tiene 2 pequeñas partes de la Zona Protectora Río Tiribí y Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central al este del cantón. Estas zonas tienen categoría IFA 3 mientras que las zonas de amortiguamiento de 500 m presentan un valor de 4 y el resto del cantón presenta un valor IFA de 5.

3.7. Corredores biológicos

El Corredor Biológico, de conformidad con el Decreto 34433, Reglamento a la Ley de Biodiversidad, se define como aquel territorio que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitat ya sean naturales o modificados con el objetivo de garantizar el mantenimiento de la biodiversidad. Desde 1999 se gestionó el corredor biológico mesoamericano (CBM), formulándose el Programa Nacional de Corredores Biológicos por parte del Sinac, sin que incorporara los corredores biológicos como una de las categorías de Áreas Silvestres Protegidas, dejando los corredores biológicos como una política pública de protección ambiental con una importante función ambiental a raíz de la conectividad que permiten.

En el caso del cantón Goicoechea, se observa mayor cobertura arbórea en los distritos Rancho Redondo y Mata de Plátano, con remanentes de bosque secundario muy alterado en lo que resta de la zona de protección de los ríos Purral, Tiribí y Torres. También se observa mayor conectividad de estos ríos en los distritos mencionados con la Cordillera Volcánica Central propiamente con el sector del Parque Nacional Volcán Irazú. Se recomienda extender las gestiones y diseños del Corredor Interurbano Río Torres hasta conectar con la Cordillera Volcánica Central, sector Noreste del distrito de Rancho Redondo (Figura 3.6).



Figura 3-6. Conectividad con la Cordillera Volcánica Central.

La conectividad existente con la Cordillera Volcánica Central, permite deducir que la fauna que podría ocurrir en los distritos Mata de Plátano y Rancho Redondo constaría de importantes especies en tamaño, rol ecológico y con estados poblacionales delicados y vulnerables provenientes de las grandes áreas protegidas mencionadas ocurriendo de manera temporal y en sitios muy cercanos a la cordillera o cañones de los ríos y quebradas con más bosque debido a la necesidad de hábitats grandes y recurso alimenticio.

Sin embargo, no se espera que estas especies silvestres no acostumbradas al urbanismo y presencia humana bajen hasta los distritos más urbanizados salvo algunas ocasiones muy esporádicas, lo cual es bueno para estas y para la población urbana del cantón evitando conflictos. No obstante, otras especies más tolerantes a condiciones de urbanismo como coyotes, zorros, mapaches y pizotes como aves de áreas alteradas como el pájaro bobo, tangaras y reinitas como zopilotes o zanates si se espera que lo hagan. Entre estos también reptiles como serpientes, tortugas y lagartijas pequeñas.

El Mapa 3.7 muestra el resultado de la estimación de la variable Corredores Biológicos según el decreto N°32967. Del mapa es evidente que gran parte de la zona urbana del cantón se encuentra dentro del Corredor Interurbano Río Torres y por lo tanto presentan valores IFA 2 (bosques secundarios en recuperación) e IFA 3 (ocupadas por actividades humanas). Por otro lado, las zonas de bosque secundario dentro de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central fueron clasificadas con un valor IFA 1.

3.8. IFA bioaptitud integrado

Finalmente, el IFA bioaptitud se calcula sumando y reclasificando las tres variables evaluadas, a la escala de categorías IFA, el resultado de esta operación se muestra en el Mapa 3.8.

Como se menciona en la introducción la sumatoria y reclasificación se ajusta a lo señalado en el Decreto, específicamente en este factor al reunirse 3 variables el valor máximo obtenible sería de 15; por lo tanto, la reclasificación de la sumatoria se ajusta a la siguiente tabla.

Tabla 3-1. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA bioaptitud

Sumatoria de las 3 variables	Categoría	Valor reclasificado
3 – 5	Muy Alto	1
6 - 8	Alto	2
9 - 11	Moderado	3
12 -13	Bajo	4
14 - 15	Muy Bajo	5

El IFA integrado de bioaptitud muestra que la mayoría del cantón presenta una fragilidad baja a pesar de que una porción importante de la zona urbana se encuentra dentro del Corredor Interurbano Río Torres. Las zonas de fragilidad muy baja son las que siguen en extensión en el cantón y se concentran fuera del corredor interurbano y de las ASP. Las zonas de fragilidad moderada corresponden a los bosques rivereños dentro de del corredor. Finalmente, las zonas IFA 2 corresponden a bosques dentro de las ASP.

Limitaciones y potencialidades técnicas

A continuación, se presenta un resumen de las principales limitaciones y potencialidades del eje IFA bioaptitud. Éstas se desprenden de la representación de los factores y las interacciones que se dan entre ellas. Tanto las limitaciones como las potencialidades expuestas están asociadas únicamente al conjunto de variables que forman parte de este factor, así, es posible que una localización de este factor no represente una limitación significativa mientras que para otro factor o eje IFA sí se encuentren limitaciones significativas al desarrollo humano.

Tabla 3-2. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA bioaptitud

Valor IFA	Limitaciones	Potencialidades
2	Áreas con ecosistemas que pueden ser alterados fácilmente, que se encuentran dentro de la zona de protección de ríos o son parches de bosque protegidos por la Ley Forestal y dentro de corredores biológicos	Áreas aptas para la protección y recuperación forestal, en algunas regiones también para usos antrópicos eco sostenibles. Zonas aptas para Pagos por Servicios Ambientales.
3	Áreas actualmente intervenidas con actividades antrópicas que restringen la proliferación de biodiversidad. Muchas de las zonas corresponden a las zonas de protección de ríos y quebradas por lo que no pueden realizarse construcciones.	Áreas aptas para la recuperación vegetal o usos antrópicos con coberturas moderadas a bajas.
4	Las zonas boscosas tienen limitaciones definidas en la ley forestal.	Áreas aptas para el uso antrópico de media-alta densidad
5		Áreas aptas para el uso antrópico de alta densidad

Recomendaciones

- ◇ Fomentar esfuerzos para mejoras en la condición del corredor biológico y los remanentes de bosque que lo sustentan como enriquecer con especies de flora que aportan mayor cobertura y alimento para la fauna.
- ◇ La conectividad con áreas protegidas de gran riqueza de especies como la Cordillera Volcánica Central, nacientes y remanentes de bosque asociado a cauces, hace que se espere la presencia 43 especies con poblaciones reducidas y con estatus de protección junto con 11 más que presentan endemismo. Lo cual justifica gestiones para conservar y enriquecer este corredor biológico, al menos en la parte de mayor conectividad, el sector Noreste (Rancho Redondo y Mata de Plátano).
- ◇ Valorar la inclusión en los diseños de construcciones inmediatas a cauces que son parte de este corredor una barrera por lo menos de 1 metro de un material liso para que especies como serpientes, iguanas y otros arborícolas no puedan escalar, para evitar su ingreso a las construcciones y por ende conflictos con fauna silvestre.
- ◇ En construcciones inmediatas o cercanas a los cauces, incluso que invaden las zonas de protección, deben evitar o podar la vegetación circundante para evitar que las ramas de árboles o enredaderas hagan contacto con las construcciones para que la fauna silvestre arborícola no accede a estas, evitándose así conflictos con la fauna silvestre.
- ◇ Elaborar una campaña de concientización y un programa que involucre a voluntarios o empresas para el fomento del corredor como la prevención y manejo de conflictos con fauna silvestre.
- ◇ Los fragmentos de bosques ubicados en los linderos de los ríos y quebradas del cantón deben mantenerse por su importancia ecológica, estabilización de laderas y porque no son zonas aptas para urbanizar. La municipalidad local deberá aplicar la legislación ambiental pertinente (art. 33 Ley Forestal) para conservar y proteger las márgenes riparias en quebradas y ríos.
- ◇ Restringir la construcción en bordes de ríos y quebradas, así como regular las construcciones antiguas que se encuentran junto a cauces, ya que son sitios que la fauna silvestre frecuenta.
- ◇ Promover la siembra de árboles y plantas nativas en las zonas urbanas. Esta recomendación pretende aumentar la belleza escénica de las comunidades y a su vez atraer aves nativas.
- ◇ Incentivar el uso de cercas vivas que rodean algunas propiedades del cantón, así como en fincas. Los árboles introducidos o especies exóticas podrían ser sustituidos paulatinamente por árboles nativos como poró, madero negro, indio desnudo (*Bursera simaruba*), ojoche (*Brosimum alicastrum*), jocotes, higueros, o especies maderables nativas, los cuales tienen excelente uso como cercas vivas por reproducirse también por estacones.
- ◇ Ayudar en la adquisición y uso por parte de finqueros de especies maderables nativas para uso como cercas o plantaciones de madera para un futuro aprovechamiento.
- ◇ Promover fuentes de financiamiento para el monitoreo de fauna y flora silvestre como indicador del desempeño de la gestión en el corredor biológico, así como en la prevención y manejo de conflictos con fauna silvestre.

Referencias

- Abarca Alvarado J. G. 2012. Historia natural de la herpetofauna de El Rodeo y el oeste del Valle Central, Costa Rica. BRENESIA 77:229-250.

- Bolaños, R.; Watson, V., y Tosi, J. 2005. Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge), Escala 1:750 000. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica.
- Boraschi Feoli Sergio. 2009. Corredores biológicos: una estrategia de conservación en el manejo de cuencas hidrográficas. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 6(17).
- David, L. y Jr. Ross. 2001. Costa Rican bird song: an identification guide. A Zona Tropical Production. San José, Costa Rica.
- Doan T. M. 2003. Which Methods are Most effective for surveying Rain Forest.
- Fournier L. A. y E. G. Garcia. 1998. Nombres Vernaculares y Científicos de los Árboles de Costa Rica. Guayacán. Costa Rica.
- Garrigues R. y Robert Dean. 2007. Birds of Costa Rica; a field guide. A zone tropical publication. Printed in China. 387p.
- Guariguata, M. y G. H. Kattan. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. 1ª edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Heyer R. W. 1994. Measuring and Monitoring Biological Diversity Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press. USA. 364 p.
- Holdridge, L.R.1987. Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José, Costa Rica. 216p.
- Holdridge, L. R., L. J. Poveda y Q. Jiménez.1997. Árboles de Costa Rica, vol. 1. Centro Científico Tropical. Costa Rica
- InBio 2020. Instituto Nacional de Biodiversidad - Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. Base de consulta, <http://atta2.inbio.ac.cr/neoportal-web/species>.
- INTERNET 1. Cantón Goicoechea. <https://es.wikipedia.org/wiki/CantónGoicoechea>. Consultado el 05/09/2020.
- IUCN. 2020. The IUCN red list of threatened species. <http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/search>. (Consultado: set-2020).
- Jiménez, Q., A. Estrada, A. Rodríguez y P. Arroyo. 1999. Manual Dendrológico de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
- Laval R.K. & B., Rodríguez. 2002. Murciélagos de Costa Rica. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia. 320p.

- Lips, K.R., J.K. Reaser, B.E. Young & R. Ibañez. 2001. Amphibian Monitoring in Latin America: A protocol Manual. Herpetological Circular No. 30, Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Shoreview, MN 55126 USA.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. 2007. Atlas del Desarrollo Humano Cantonal de Costa Rica. 2007. PNUD; Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Ralph, C. John; Geupel, Geoffrey R.; Pyle, Peter; Martin, Thomas E.; DeSante, David F; Milá, Borja. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany,CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- Reid F. 1997. A field guide to the mammals of Central America and Southeast México. Oxford University Press. New York. 334 p.
- Rodríguez H.B., J. D. Ramírez H.,D. Villalobos CH., Ragde Sánchez. 2014. Actualización de la lista de mamíferos vivientes de Costa Rica. Mastozoología neotropical, 21(2)275-289.
- Savage J. 2002. The Amphibians and Reptiles of Costa Rica. The University of Chicago Press. 934 p.
- Solano Enríquez, Francisco (2004). *Pasado y Presente del Cantón de Goicoechea*. Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). p. 6. ISBN 9968-31-336-X.
- Solórzano A. 2004. Serpientes de Costa Rica: Distribución, taxonomía e historia natural. Editorial INBio. Heredia, Costa Rica. 792 p.
- Stiles F.G. y A. Skutch. 2007. Guía de Aves de Costa Rica. Cuarta edición. Editorial INBIO. Heredia, Costa Rica. pp 572.
- Timm R.M.; R.K. Laval y B. Rodríguez. 1999. Clave de campo para los murciélagos de Costa Rica. Brenesia, 52: 1-32.
- Wainwright Mark. 2007. The mammals of Costa Rica; a natural history and field guide. A zona tropical publication. Printed in china, 454 p.
- Young BE, Stuart SN, Chanson JS, Cox NA, Boucher y TM. 2004. Joyas que están desapareciendo: El estado de los anfibios en el Nuevo mundo. Nature Serve, Arlington Virginia.
- Zamora, N., Q. Jiménez & L. J. Poveda. 2000. Árboles de Costa Rica, vol II. INBio. 374 p.
- Zamora, N., Q. Jiménez & L. J. Poveda. 2004. Árboles de Costa Rica, vol III. INBio. 556p

Anexo

Registros de árboles en el cantón Goicoechea.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de Registro (Observada-Esperada)	Estado de conservación según UICN-Cites-CR	Importancia
Acanthaceae	<i>Bravaisia integerrima</i>	Mangle blanco de montaña	Observada		Bosques ribereños, raíces adventicias.
	<i>Megaskepasma erythrochlamys</i>	Pavón	Observada		Arbusto de uso ornamental.
Actinidiaceae	<i>Saurauia montana</i>	Moquillo	Observada	Endémica A. central	Frutos comestibles y alimento para fauna, regeneración natural.
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra</i>	Sauco	Observada		Planta medicinal, diurético, sistema inmunológico, tos.
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mango	Observada	Exótica, naturalizada	Frutal, alimento para fauna y uso de la madera para hacer yugos.
	<i>Mauria heterophylla</i>	Manzanillo	Observada		Restauración de bosque y alimento para fauna
	<i>Spondias dulcis</i>	Yuplón	Observada	Exótica, Polinesia	Frutal, ornamental y alimento para fauna.
	<i>Spondias purpurea</i>	Jocote	Observada		Frutal, postes y cercas vivas, alimento para fauna
Annonaceae	<i>Annona cherimola</i>	Anona	Observada		Restauración de bosque, frutal, alimento para fauna
Aquifoliaceae	<i>Ilex lamprophylla</i>	Azulillo	Observada		Árboles de altura con fuerte olor a azúcar en su corteza.
Araliaceae	<i>Schefflera rodriguesiana</i>	Cheflera o papayillo	Observada		Restauración de bosque y alimento para fauna
	<i>Dendropanax arboreus</i>	cacho de venado	Observada		Alimento para aves principalmente en bosques de alturas medias
Asparagaceae	<i>Agave macroacantha</i>	Agave	Observada	Exótica, México	Uso ornamental e industrial
	<i>Furcraea cabuya</i>	Cabuya	Observada		Uso ornamental e industrial
	<i>Yucca elephantipes</i>	Itabo	Observada		Vitamina C y hierro, fósforo y niacina, flor para picadillo.
Asteraceae	<i>Montanoa guatemalensis</i>	Tubú	Observada		Alimento para fauna, árbol pionero.
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Jaul	Observada		Construir fósforos y ataúdes, rápido crecimiento.
Bignoniaceae	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Jacaranda	Observada	Exótica	Ornamental
	<i>Tabebuia ochracea</i>	Corteza amarilla	Observada		Maderable y ornamental.
	<i>Tabebuia rosea</i>	Roble de sabana	Observada		Ornamental y maderable
	<i>Tecoma stans</i>	Vainillo	Observada		Ornamental y alimento para la fauna



Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de Registro (Observada-Esperada)	Estado de conservación según UICN-Cites-CR	Importancia
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	Observada		Ornamental, maderable y recuperación de bosque.
Boraginaceae	<i>Cordia cymosa</i>	Laurel	Observada	Endémica CR	Endémica de Costa Rica, maderable.
	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Observada		Maderable, común en potreros y orillas de cauces.
Brunelliaceae	<i>Brunellia standleyana</i>	Cedrillo	Observada	Endémico	Alimento para fauna.
Buddlejaceae	<i>Buddleja nitida</i>	Hoja de salvia	Observada	Endémica de A. Central	Medicinal para curar úlceras, construcción y combustible.
Cannabaceae	<i>Trema integerrima</i>	Capulín	Observada		Alimento para fauna, regeneración natural de bosque.
	<i>Trema micrantha</i>	Capulín	Esperada		Alimento para fauna, regeneración natural de bosque.
Casuarinaceae	<i>Casuarina cunninghamiana</i>	Pino australiano, casuarina	Observada		Maderable y ornamental.
Celastraceae	<i>Perrottetia longistylis</i>	Perrottetia	Observada		Árbol típico de bosques de alturas medias a altas, nubosos.
Chrysobalanaceae	<i>Licania platypus</i>	Sonzapote	Observada		Frutal, ornamental y alimento para fauna.
Clethraceae	<i>Clethra costaricensis</i>	Nance macho	Observada		Uso de madera para artesanía y leña
	<i>Clethra mexicana</i>	Nance macho	Observada		Uso de madera para artesanía y leña.
Cornaceae	<i>Cornus disciflora</i>	Lloró	Observada	Vulnerable	Bosques de altura
Combretaceae	<i>Terminalia bucidoides</i>	Escobo negro	Observada	En Peligro de extinción	Maderable, alimento para insectos y aves.
Cupressaceae	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés	Observada		Exótica, maderable y uso herbicida natural.
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i>	Pilón	Observada		Maderable, recuperación de bosque.
	<i>Croton niveus</i>	Colpachí	Observada		Medicinal, para cercas vivas, tapa viento.
	<i>Croton draco</i>	Targuá	Observada		Especie pionera, medicinal
	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	Observada	Naturalizada, Africa	Uso medicina, industrial y repelente de taltuzas en cultivos.
	<i>Sapium glandulosum</i>	Yos	Observada		Restauración de bosque, ornamental y alimento para fauna
Fabaceae	<i>Bauhinia purpurea</i>	Casco de venado	Observada		Ornamental, exótica.
	<i>Cojoba arborea</i>	Lorito	Observada		Ornamental
	<i>Diphysa americana</i>	Guachipelín	Observada		Muy utilizado como ornamental y madera para postes y vigas.
	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Poró	Observada		Cercas vivas y restauración de bosque, alimento para fauna.



Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de Registro (Observada-Esperada)	Estado de conservación según UICN-Cites-CR	Importancia
	<i>Gliricidia sepium</i>	Madero negro	Observada		Alimento de fauna, cercas vivas, restauración de bosque y suelos.
	<i>Inga marginata</i>	Cuajiniquil negro, guaba	Observada		Alimento para fauna, sombra en cafetales, regeneración natural.
	<i>Senna papillosa</i>	Candelillo	Observada		Alimento para fauna, regeneración natural de bosque.
	<i>Senna spectabilis</i>	Candelillo	Observada		Ornamental
	<i>Zygia longifolia</i>	Sota caballo	Observada		Alimento para fauna y uso en restauración de bosque ribereño.
Fagaceae	<i>Quercus costaricensis</i>	Roble rojo	Observada	Vulnerable	Roble de altura, maderable, baúles y barriles, carbón.
	<i>Quercus seemannii</i>	Roble encino	Observada		Roble de altura, maderable, baúles y barriles, carbón.
Juglandaceae	<i>Juglans olanchana</i>	Cedro negro, nogal	Observada	Peligro de extinción	Maderable y frutos para fauna.
Lauraceae	<i>Cinnamomum triplinerve</i>	Aguacatillo	Observada		Uso maderable y de gran importancia para la fauna silvestre.
	<i>Nectandra membranacea</i>	Aguacatillo	Observada		Uso maderable y de gran importancia para la fauna silvestre.
	<i>Ocotea austinii (sin. irazuensis)</i>	Aguacatillo	Esperada		Uso maderable y de gran importancia para la fauna silvestre.
	<i>Ocotea veraguensis</i>	Canelo	Observada		Alimento para fauna, regeneración natural de bosque.
	<i>Persea americana</i>	Aguacate	Observada		Uso alimenticio, medicinal y alimento para la fauna silvestre.
Lythraceae	<i>Lafoensia puniceifolia</i>	Cascarillo, carbonero	Esperada		Restauración de bosque ribereño, ornamental, postes y cercas.
Magnoliaceae	<i>Magnolia poasana</i>	Magnolia	Esperada	Casi amenazada	Alimento para aves, maderable
Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i>	Acerola	Observada		Medicinal, ornamental y alimento para aves.
	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	Observada		Regeneración natural, alimento para fauna, especie pionera
Malvaceae	<i>Hampea appendiculata</i>	Burío ratón	Observada		Regeneración natural, alimento para fauna, especie pionera
	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Burío	Observada		Medicinal y en trapiches para extraer basura del dulce.
	<i>Hibiscus rosa sinensis</i>	Amapolilla	Observada	Exótica, Asia	Ornamental
	<i>Luehea seemannii</i>	Guácimo colorado	Observada		Restauración de bosque y alimento para fauna, especie pionera
Melastomataceae	<i>Conostegia xalapensis</i>	Lengua de vaca	Observada		Regeneración natural, alimento para fauna, especie pionera
	<i>Miconia argentea</i>	Lengua de vaca	Observada		Regeneración natural, alimento para fauna, especie pionera
	<i>Miconia affinis</i>	Lengua de vaca	Observada		Regeneración natural, alimento para fauna, especie pionera



Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de Registro (Observada-Esperada)	Estado de conservación según UICN-Cites-CR	Importancia
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	Observada	Amenazada	Melífero, maderable
	<i>Cedrela tonduzii</i>	Cedro dulce	Observada	Amenazada	Melífero, maderable
	<i>Trichilia havanensis</i>	Uruca	Observada		Reforestación de bosque, alimento de fauna, ornamental
	<i>Trichilia hirta</i>	Uruca	Observada		Reforestación de bosque, alimento de fauna.
	<i>Trichilia septentrionalis</i>	Uruca	Observada		Reforestación de bosque, alimento de fauna.
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i>	Laurel de la india	Observada		Exótica, antiguamente usada como ornamental en ciudades.
	<i>Ficus costaricana</i>	Higuerón	Observada		Cercas vivas y restauración de bosque, alimento para fauna.
	<i>Ficus jimenezii</i>	Higuerón	Observada		Cercas vivas y restauración de bosque, alimento para fauna.
	<i>Ficus maxima</i>	Higuerón	Observada		Cercas vivas y restauración de bosque, alimento para fauna.
	<i>Ficus padifolia</i>	Higuerón	Observada		Cercas vivas y restauración de bosque, alimento para fauna.
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	Banano, pátano, cuadrado	Observada	Introducida, Asia	Alimento de pobladores como animales domésticos y silvestres
Myricaceae	<i>Morella cerifera</i>	Arrayán, cebo	Observada		Árbol de cera en sus hojas, restauración de bosques de altura
Myrtaceae	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto	Observada		Plantaciones para madera y leña, uso medicinal.
	<i>Eucalyptus gunnii</i>	Eucalipto	Observada		Uso medicinal y ornamental.
	<i>Myrcianthes storkii</i>	Guayabo	Observada		Alimento para aves, aromática, leña
	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Corcho	Observada	Exótica, Australia, N. G.	Ornamental, propiedades terapéuticas y mezclas de aceites esenciales.
	<i>Psidium friedrichsthalium</i>	Cas	Observada		Frutal, medicinal y alimento para fauna.
	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Observada		Frutal, alimento para fauna y uso en cercas y para leña.
	<i>Psidium guineense</i>	Guíزارo	Observada		Alimento para fauna, regeneración natural.
	<i>Syzygium jambos</i>	Manzana rosa	Observada	Exótica	Frutal, usada para prevenir cáncer de mama y alimento fauna.
	<i>Syzygium malaccense</i>	Manzana de agua	Observada		Frutal, ornamental y alimento para fauna.
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i>	Carambola	Observada	Exótica, Polinesia	Frutal, medicinal y alimento para fauna.
Papaveraceae	<i>Bocconia frutescens</i>	Papayillo	Observada		Uso artesanal, medicinal, ornamental y como insecticida.
Picramniaceae	<i>Picramnia antidesma</i>	Chilillo	Observada		Restauración de bosque y alimento para fauna

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de Registro (Observada-Esperada)	Estado de conservación según UICN-Cites-CR	Importancia
Pinnaceae	<i>Pinnus caribea</i>	Pino	Observada		Exótica, maderable
Primulaceae	<i>Ardisia revoluta</i>	Tucuico	Observada		Alimento para aves principalmente en bosques de alturas medias
Poaceae	<i>Phyllostachys aurea</i>	Bambú	Observada	Exótica, China	Ornamental, cercas, muebles.
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i>	Gravilea	Observada	Exótica, Australia	Ornamental y maderable
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i>	Níspero	Observada	Exótica, China	Frutal, medicinal y alimento para fauna.
Rutaceae	<i>Zanthoxylum acuminatum</i>	Lagartillo	Observada		Restauración de bosque y cercas vivas
	<i>Citrus limetta</i>	Limón dulce	Observada	Introducida, Asia	Frutal
Sapindaceae	<i>Allophylus occidentalis</i>	Huesito	Observada		Alimento para fauna, regeneración natural de bosque.
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i>	Guitite	Observada	Especie amenazada	Alimento para fauna, ornamental y para colocar orquídeas.
	<i>Brunfelsia pauciflora</i>	Sapriisa	Observada		Exótica, flor nacional de Paraguay
	<i>Cestrum aurantiacum</i>	Zorrillo	Observada		Para jabón, ornamental. Atrae abejas, mariposas y colibríes.
Salicaceae	<i>Salix humboldtiana</i>	Sauce criollo	Observada		Uso ornamental, maderable y leña.
Staphyleaceae	<i>Turpinia occidentalis</i>	Cirrí	Observada		Recuperación de bosque
Ulmaceae	<i>Ulmus mexicana</i>	Tirrá	Observada	Endémica, Méx, A. Central	Maderable
Urticaceae	<i>Myriocarpa longipes</i>	Ortiga	Observada		Ribereño. Pionero.
	<i>Coussapoa parviceps</i>	Guarumo	Observada		Especie de alimento para fauna y pionera.
	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo	Observada		Alimento para fauna silvestre y uso medicinal, especie pionera.
Verbenaceae	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Dama	Observada		Alimento para fauna, ornamental
	<i>Lippia myriocephala</i>	Orégano de palo	Observada		Se usa para leña o postes
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	Liriotropo	Observada	Exótica, India y Nepal	Ornamental, se le extrae esencia para perfumes de flor y raíz.

Registros de Anfibios en el cantón Goicoechea.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Registro	Estado de conservación
Plethodontidae (Caudata)	<i>Bolitoglossa nigrescens</i>	Salamandra	Esperada	PE
	<i>Oedipina altura</i>	Salamandra	Esperada	PE
Bufonidae	<i>Incurias coniferus</i>	Sapo	Esperada	
	<i>Rhinella horribilis</i>	Sapo	Observada	
Centrolenidae	<i>Cochranella granulosa</i>	Ranita de vidrio	Observada	
	<i>Espadarama prosoblepon</i>	Ranita de vidrio	Esperada	
	<i>Sachatamia albomaculata</i>	Ranita de vidrio	Esperada	
Craugastoridae	<i>Craugastor crassidigitus</i>	Rana de hojarasca	Esperada	
	<i>Craugastor fitzingeri</i>	Rana de hojarasca	Observada	
	<i>Craugastor podiciferus</i>	Rana de hojarasca	Esperada	A, I
	<i>Craugastor rugosus</i>	Rana de hojarasca	Esperada	
	<i>Craugastor stejnegerianus</i>	Rana de hojarasca	Observada	
Eleutherodactylidae	<i>Diasporus diastema</i>	Rana de hojarasca	Observada	
Hylidae	<i>Agalychnis annae</i>	Rana de ojos rojos	Esperada	PE
	<i>Dendropsophus ebraccatus</i>	Rana arborícola	Esperada	
	<i>Duellmanohyla rufiocularis</i>	Rana de ojos rojos	Esperada	E, A
	<i>Scinax elaeochroa</i>	Rana arborícola	Observada	
	<i>Smilisca sordida</i>	Rana arborícola	Observada	
Leptodactylidae	<i>Leptodactylus savagei</i>	Rana toro	Observada	
Ranidae	<i>Lithobates taylori</i>	Rana leopardo	Esperada	
	<i>Lithobates warszewitschii</i>	Rana verdadera	Observada	
Strabomantidae	<i>Pristimantis cruentus</i>	Rana de hojarasca	Esperada	
	<i>Pristimantis ridens</i>	Rana de hojarasca	Esperada	

PE: peligro de extinción, A: amenazado, I: apéndice 1 de citas, II: apéndice II de citas, E: endémico, ER: endémico regional.

Registros de reptiles en el cantón Goicoechea.

Orden	Familia	Especie	Nombre_Com	Población	Registro
SQUAMATA/SAURIA	Anguidae	<i>Celestus cyanochloris</i>	Lagartija caimán	E	Esperado
	Gekkonidae	<i>Hemidactylus frenatus</i>	Geco de frenillo		Observado
		<i>Lepidoblepharis xanthostigma</i>	Geco de cola anaranjada		Esperado
	Polychrotidae	<i>Norops biporcatus</i>	Lagartija, anolis		Esperado
		<i>Norops intermedius</i>	Gallego, lagartija		Esperado
		<i>Norops limifrons</i>	Lagartija, gallego		Observado
		<i>Norops oxylophus</i>	Lagartija, gallego		Observado
		<i>Norops polylepis</i>	Lagartija, gallego		Esperado
		<i>Norops tropidolepis</i>	Gallego, lagartija	A, I	Esperado
Scincidae	<i>Sphenomorphus cherriei</i>	Lagartija		Esperado	
SQUAMATA/SERPENTES	Boidae	<i>Boa constrictor</i>	Boa, bécquer	PE, I	Observado
	Colubridae	<i>Chironius grandisquamis</i>	Serpiente de látigo negra		Esperado
		<i>Chironius exoletus</i>	Serpiente de látigo		Esperado
		<i>Coniophanes fissidens</i>	Hojarasquera café		Esperado
		<i>Dendrophidion percarinatum</i>	Corredora		Esperado
		<i>Drymobius margaritiferus</i>	Ranera común		Observado
		<i>Enulius flavitorques</i>	Cabeza puntiaguda		Esperado
		<i>Imantodes cenchoa</i>	Culebra bejuquilla		Observado
		<i>Imantodes inornatus</i>	Culebra bejuquilla		Esperado
		<i>Leptodeira septentrionalis</i>	Culebra ojo de gato		Observado
		<i>Leptophis ahaetulla</i>	Lora falsa		Esperado
		<i>Leptophis mexicanus</i>	Lora falsa bronceada		Esperado
		<i>Mastigodryas melanolomus</i>	Corredora, lagartijera		Esperado
<i>Oxybelis aeneus</i>	Bejuquilla café		Esperado		

Orden	Familia	Especie	Nombre_Com	Población	Registro
	Dipsadidae	<i>Ninia maculata</i>	Alacranera		Observado
		<i>Rhadinaea decorata</i>	Hojarasquera de vientre rojo		Esperado
	Elapidae	<i>Micrurus nigrocintus</i>	Coral venenosa		Observado
	Viperidae	<i>Bothriechis schlegelii</i>	Bocaracá		Esperado
		<i>Bothriechis lateralis</i>	Lora venenosa		Esperado
TESTUDINATA	Kinosternidae	<i>Kinosternon scorpioides</i>	Tortuga candado		Esperado

PE: peligro de extinción, A: amenazado, I: apéndice 1 de citas, II: apéndice II de citas, E: endémico, ER: endémico regional.

Registros de mamíferos en el cantón Goicoechea.

Orden	Familia	Especie	Nombre_Común	Población	Registro
ARTIODACTYLA	Cervidae	<i>Mazama temama</i>	Cabro de monte		Esperado
		<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca		Esperado
	Tayassuidae	<i>Pecari tajacu</i>	Saíno	II	Esperado
	Canidae	<i>Canis latrans</i>	Coyote		Observado
CARNIVORA	Canidae	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris		Esperado
	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i>	Manigordo, caucel	PE, I	Esperado
		<i>Leopardus tigrinus</i>	Tigrillo	PE, I	Esperado
		<i>Puma concolor</i>	Puma	PE, I	Esperado
		<i>Puma yaguarondi</i>	León breñero	PE, I	Esperado
	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i>	Zorrillo hediondo rayado		Esperado
	Mustelidae	<i>Eira barbara</i>	Tolomuco		Esperado
		<i>Galictis vittata</i>	Grisón, tejón	A, I	Esperado
		<i>Lontra longicaudis</i>	Nutria, perro de agua	A, I	Esperado
	Procyonidae	<i>Nasua narica</i>	Pizote		Observado
		<i>Potos flavus</i>	Martilla		Esperado
<i>Procyon lotor</i>		Mapache		Observado	

Orden	Familia	Especie	Nombre_Común	Población	Registro
CHIROPTERA	Phyllostomidae/Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>	Murciélago		Esperado
	Phyllostomidae/Desmodontinae	<i>Desmodus rotundus</i>	Vampiro común		Observado
	Phyllostomidae/Glossophacinae	<i>Glossophaga soricina</i>	Murciélago		Esperado
	Phyllostomidae/Phyllostominae	<i>Phyllostomus discolor</i>	Murciélago		Esperado
	Phyllostomidae/Stenodermatinae	<i>Artibeus jamaicensis</i>	Murciélago		Esperado
		<i>Artibeus watsoni</i>	Murciélago		Esperado
		<i>Sturnira lilium</i>	Murciélago		Esperado
<i>Vampyressa pusilla</i>		Murciélago		Esperado	
CINGULATA	Dasypodidae	<i>Dasypus novemcinctus</i>	Armadillo, cusuco		Observado
DIDELPHIMORPHIA	Didelphidae	<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón, zarigueya		Observado
		<i>Marmosa mexicana</i>	Zorricí		Esperado
		<i>Philander opossum</i>	Zorro de cuatro ojos		Esperado
LAGOMORPHA	Leporidae	<i>Sylvilagus dicei</i>	Conejo	ER	Observado
PERISSODACTYLA	Tapiridae	<i>Tapirus bairdii</i>	Danta	PE, I	Observado
PILOSA	Megalonychidae	<i>Choloepus hoffmanni</i>	Perezoso de dos dedos, cúcula	A, III	Observado
	Myrmecophagidae	<i>Tamandua mexicana</i>	Oso hormiguero		Esperado
PRIMATES	Atelidae	<i>Alouatta palliata</i>	Congo, mono aullador	PE, I	Observado
	Cebidae	<i>Cebus imitator</i>	Mono carablanca	II, A	Observado
RODENTIA	Cricetidae	<i>Melanomys caliginosus</i>	Ratón de campo		Esperado
		<i>Peromyscus mexicanus</i>	Rata de monte		Esperado
		<i>Reithrodontomys mexicanus</i>	Rata de monte		Esperado
		<i>Reithrodontomys rodriguezii</i>	Ratón de alturas	E	Esperado
		<i>Sigmodon hispidus</i>	Ratón o rata de monte		Esperado
	Cuniculidae	<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle		Esperado
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta punctata</i>	Guatuzza, cherenga		Esperado
	Erethizontidae	<i>Coendou mexicanus</i>	Puercoespín		Esperado

Orden	Familia	Especie	Nombre_Común	Población	Registro
	Geomydae	<i>Orthogeomys cherriei</i>	Taltuza	E	Esperado
		<i>Orthogeomys heterodus</i>	Taltuza	E	Esperado
	Muridae	<i>Mus musculus</i>	Ratón casero		Observado
	Sciuridae	<i>Microsciurus alfari</i>	Ardilla enana		Observado
		<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla, chisa		Observado

PE: peligro de extinción, A: amenazado, I: apéndice 1 de citas, II: apéndice II de citas, E: endémico, ER: endémico regional.

Registros de aves en el cantón Goicoechea.

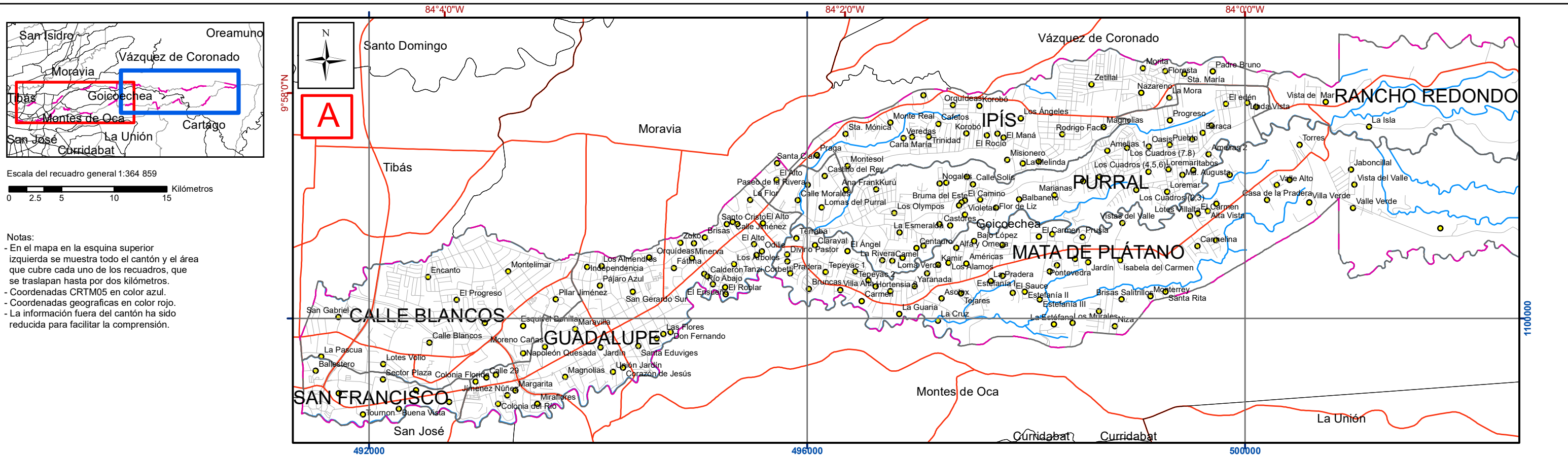
Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Población	Situación	Registro
ANSERIFORMES	Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Pijije común		ML	Esperado
APODIFORMES	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejón collarajo		ML	Observado
	Trochilidae	<i>Amazilia amabilis</i>	Esmeralda jardinera	II	R	Esperado
		<i>Amazilia decora</i>	Amazilia corona de Berilo	II	R	Esperado
		<i>Campylopterus hemileucurus</i>	Colibrí violáceo	II	R	Esperado
		<i>Chlorostilbon assimilis</i>	Esmeralda jardinera	II	R	Observado
		<i>Heliomaster longirostris</i>	Colibrí piquilargo	II	R	Esperado
		<i>Phaethornis guy</i>	Ermitaño verde	II	R	Observado
<i>Phaethornis striigularis</i>	Ermitaño enano		R	Observado		
CAPRIMULGIFORMES	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Tapacaminos común		R	Observado
	Nyctibiidae	<i>Nyctibius griseus</i>	Nictibio común		R	Esperado
CHARADRIIFORMES	Jacaniidae	<i>Jacana spinosa</i>	Jacana centroamericana		R	Esperado
	Scolopacidae	<i>Actitis macularia</i>	Andarrío maculado		M	Observado
CICONIIFORMES	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcilla bueyera		ML	Observado
COLUMBIFORMES	Columbidae	<i>Claravis pretiosa</i>	Tortolita azulada		R	Observado
		<i>Columbina inca</i>	Tortolita colilarga		R	Esperado
		<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita rojiza		R	Observado

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Población	Situación	Registro
		<i>Leptotila verreauxi</i>	Paloma coliblanca		R	Observado
		<i>Patagioenas nigrirostris</i>	Paloma piquicorta		R	Esperado
CORACIFORMES	Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	Martín pescador verde		R	Esperado
	Momotidae	<i>Momotus lessonii</i>	Momoto común		R	Observado
CUCULIFORMES	Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero piquiliso		R	Observado
		<i>Piaya cayana</i>	Cuco ardilla		R	Observado
		<i>Tapera naevia</i>	Cuclillo listado		R	Esperado
FALCONIFORMES	Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán chapulinero	II	R	Observado
		<i>Elanoides forficatus</i>	Gavilán tijereta	II	R, M	Esperado
	Cathartidae	<i>Cathartes aura</i>	Zopilote cabecirrojo		R, M	Observado
		<i>Coragyps atratus</i>	Zopilote negro		ML	Observado
Falconidae	<i>Spizaetus tyrannus</i>	Aguilillo negro	A, II	R	Esperado	
GALLIFORMES	Odontophoridae	<i>Colinus cristatus</i>	Codorniz crestada		R	Esperado
		<i>Colinus leucopogon</i>	Codorniz ventrimanchada		R	Esperado
	Rallidae	<i>Aramides cajanea</i>	Rascón cuelligrís		R	Observado
PASSERIFORMES	Cardinalidae	<i>Habia rubica</i>	Tangara hormiguera coronirroja		R	Esperado
		<i>Saltator maximus</i>	Saltador gorgianteado		R	Esperado
	Corvidae	<i>Psilorhinus morio</i>	Urraca parda		R	Observado
	Cotingidae	<i>Cotinga ridgwayi</i>	Cotinga turquesa	ER, A	R	Esperado
		<i>Procnias tricarunculatus</i>	Pájaro campana	A	MA	Esperado
	Emberizidae	<i>Tiaris olivaceus</i>	Semillerito cariamarillo		R	Observado
		<i>Zonotrichia capensis</i>	Come maíz		R	Observado
	Formicariidae	<i>Formicarius analis</i>	Gallito de selva		R	Esperado
	Hirundinidae	<i>Petrochelidon pyrrhonota</i>	Golondrina		M	Observado
<i>Progne chalybea</i>		Martín pechigrís		R	Esperado	
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>		Golondrina blanco y azul		R	Observado	

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Población	Situación	Registro
		<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina alirrasposa norteña		R	Esperado
	Icteridae	<i>Amblycercus holosericeus</i>	Cacique picoplata		R	Esperado
		<i>Dives dives</i>	Pius		R	Esperado
		<i>Icterus galbula</i>	Bolsero norteño		R, M	Esperado
		<i>Psarocolius decumanus</i>	Oropendola crestada		MA	Esperado
		<i>Quiscalus mexicanus</i>	Zanate grande		R	Observado
	Inserti sedis	<i>Coereba flaveola</i>	Reinita mielera		R	Esperado
	Parulidae	<i>Basileuterus rufifrons</i>	Reinita cabecicastaña		R	Observado
		<i>Myiothlypis fulvicauda</i>	Reinita guardaribera		R	Observado
		<i>Setophaga cerulea</i>	Reinita cerulea		M	Esperado
	Sylviidae	<i>Ramphocaenus melanurus</i>	Soterillo picudo		R	Observado
	Thraupidae	<i>Chlorophanes spiza</i>	Mielero verde		R	Esperado
		<i>Dacnis venusta</i>	Mielero celeste y negro		R	Observado
		<i>Habia atrimaxillaris</i>	Tangara hormiguera carinegra	PE, E	R	Esperado
		<i>Piranga rubra</i>	Tangara veranera		M	Esperado
		<i>Ramphocelus costaricensis</i>	Sargento		MA	Observado
		<i>Tangara larvata</i>	Tangara capuchidorada		R	Esperado
		<i>Thraupis episcopus</i>	Tangara azuleja, viudita		R	Observado
		<i>Thraupis palmarum</i>	Tangara palmera		R	Esperado
	Troglodytidae	<i>Catorchilus modestus</i>	Soterrey chinchirigú		R	Observado
		<i>Catorchilus semibadius</i>	Soterrey pechibarreteado	ER	R	Observado
		<i>Microcerculus marginatus</i>	Soterrey pechiescamado		R	Observado
	Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Mirlo pardo		R	Observado
		<i>Turdus nigrescens</i>	Mirlo negruzco		R	Observado
		<i>Myadestes melanops</i>	Jilguero	ER	R	Observado
	Tyrannidae	<i>Empidonax albigularis</i>	Mosquerito vientriamarillo		M	Esperado

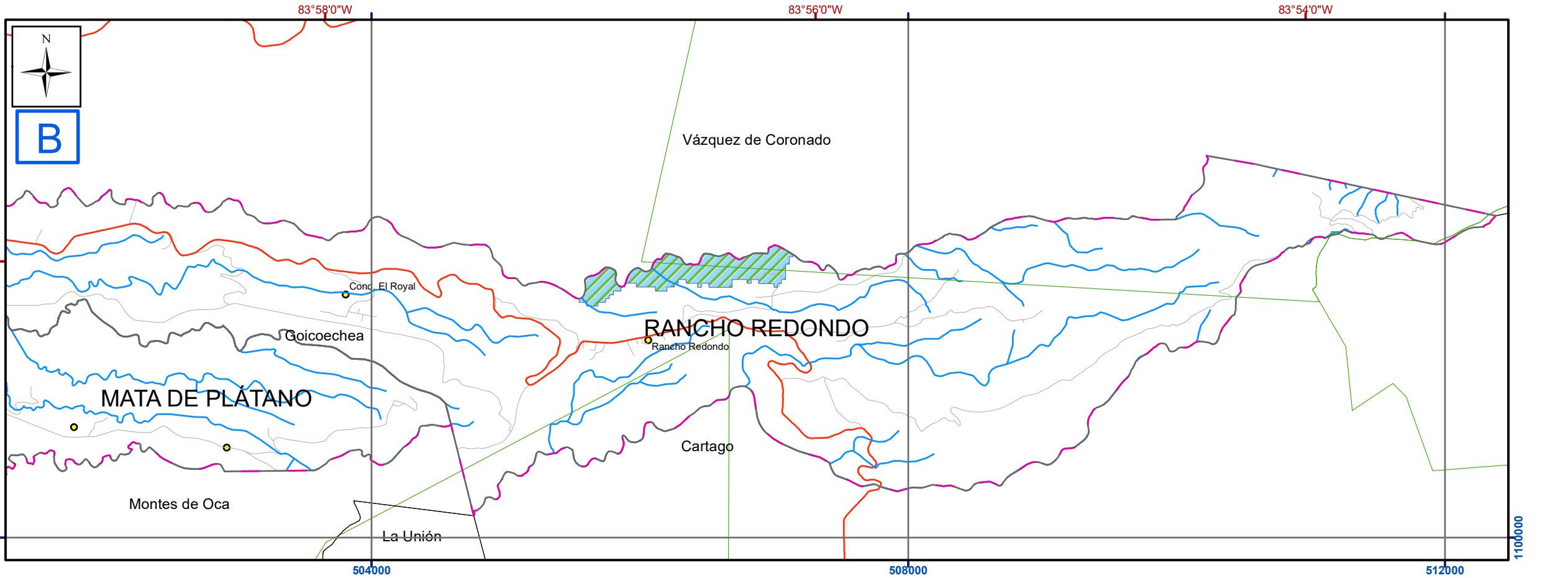
Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Población	Situación	Registro
		<i>Lipaugus unirufus</i>	Piha rojiza		R	Esperado
		<i>Megarhynchus pitangua</i>	Mosquerón picudo		R	Observado
		<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bienteveo grande		R	Observado
		<i>Tityra inquisitor</i>	Tityra coroninegra		R	Esperado
		<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano tropical		R	Observado
		<i>Tyrannus tyrannus</i>	Tirano norteo		M	Observado
	Vireonidae	<i>Vireo leucophrys</i>	Vireo montañero		M	Esperado
		<i>Vireo olivaceus</i>	Vireo ojirrojo		M	Esperado
PICIFORMES	Picidae	<i>Melanerpes chrysauchen</i>	Carpintero nuquidorado	ER, A	R	Esperado
		<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero nuquiamarillo		R	Observado
		<i>Melanerpes rubricapillus</i>	Carpintero nuquirrojo		R	Observado
	Ramphastidae	<i>Ramphastos ambiguus</i>	Tucán de Swainson	Casi A	R	Esperado
PSITTACIFORMES	Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>	Periquito barbinaranja	A, II	ML	Observado
		<i>Pyrrhura hoffmanni</i>	Perico alizulfrado	A	R	Esperado
		<i>Pyrilia haematotis</i>	Loro cabecipardo	II	R	Esperado
STRIGIFORMES	Strigidae	<i>Ciccaba nigrolineata</i>	Lechuza blanco y negro	II	R	Esperado
		<i>Ciccaba virgata</i>	Lechuza café	II	R	Esperado
		<i>Glaucidium brasilianum</i>	Mochuelo común		R	Esperado
		<i>Pulsatrix perspicillata</i>	Búho de anteojos	II	R	Esperado
TINAMIFORMES	Tinamidae	<i>Crypturellus soui</i>	Tinamú chico		R	Observado
		<i>Tinamus major</i>	Tinamú grande	A	R	Esperado
TROGONIFORMES	Trogonidae	<i>Trogon massena</i>	Trogón coliplomizo		R	Esperado
		<i>Pharomachrus mocinno</i>	Quetzal	Casi A	R	Esperado

PE: peligro de extinción, A: amenazado, I: apéndice 1 de citas, II: apéndice II de citas, E: endémico, ER: endémico regional, R: residente, M: migratorio, ML: migratorio con movimientos longitudinales, MA: migratorio con movimientos altitudinales.



Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geográficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



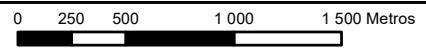
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados
- PSA

Mapa 3-1. Bioaptitud.Zonas de pago ambiental en el cantón de Goicoechea

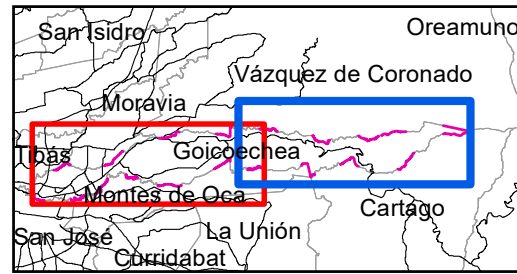
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Biol. Marco Retana López



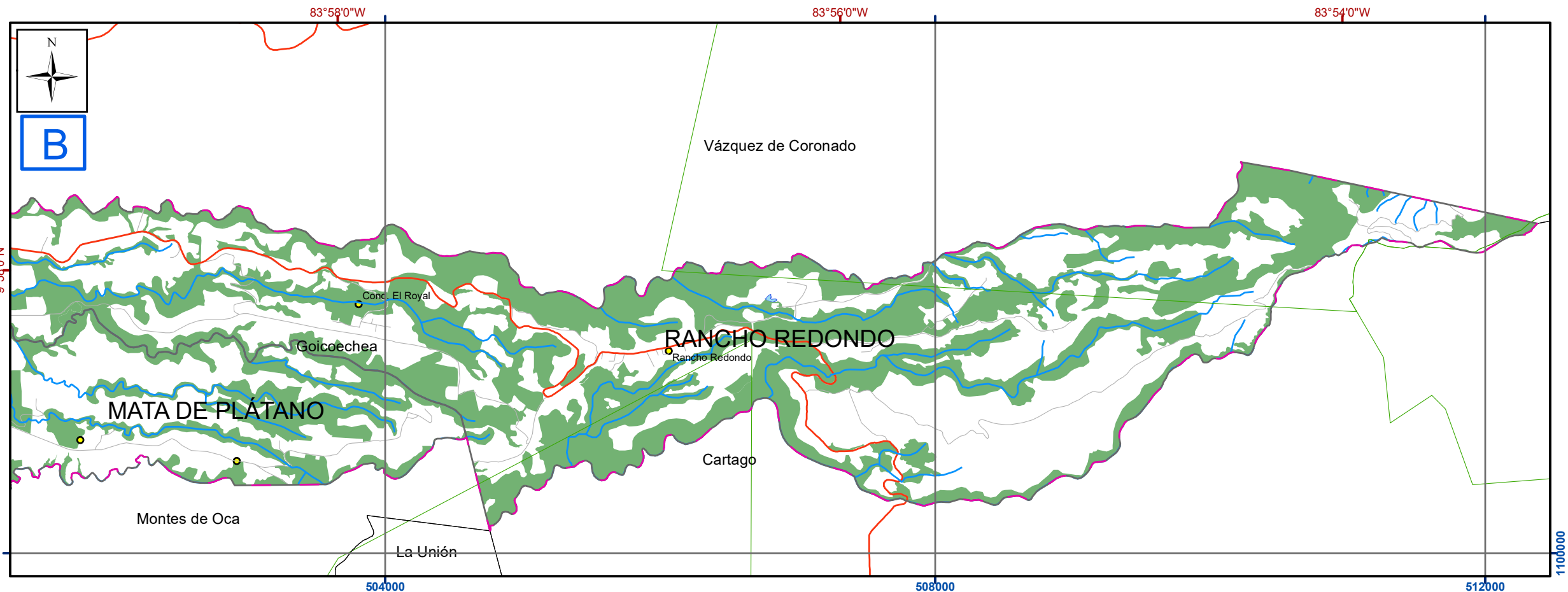
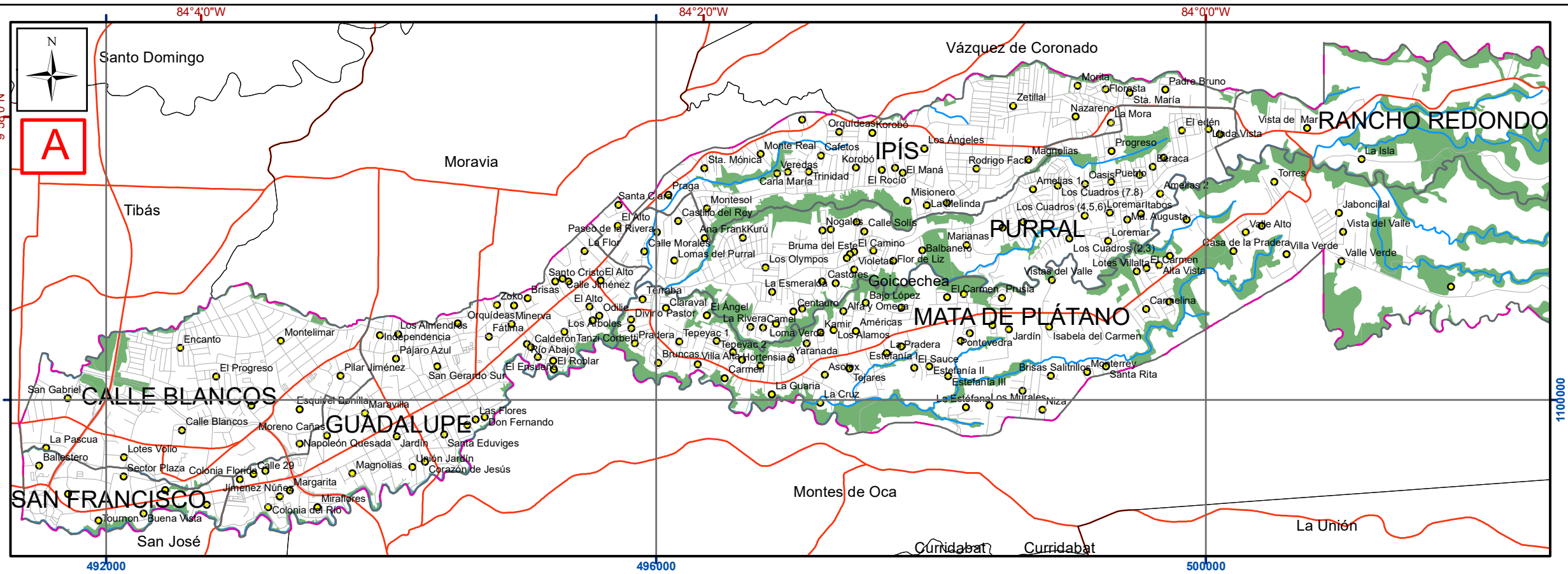
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





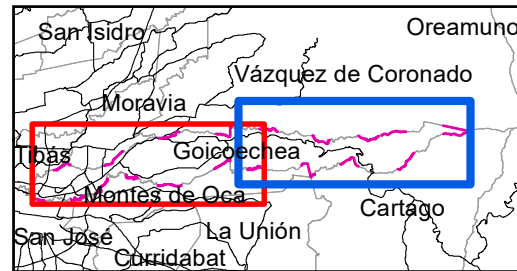
Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



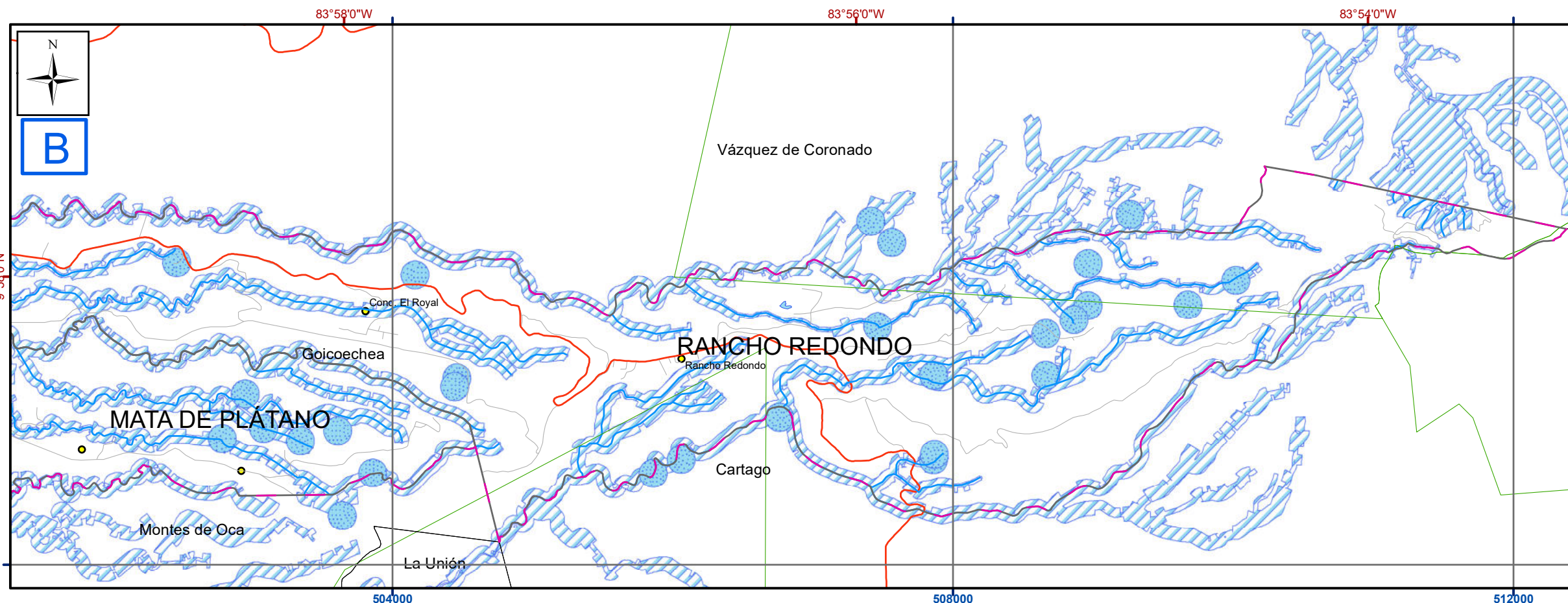
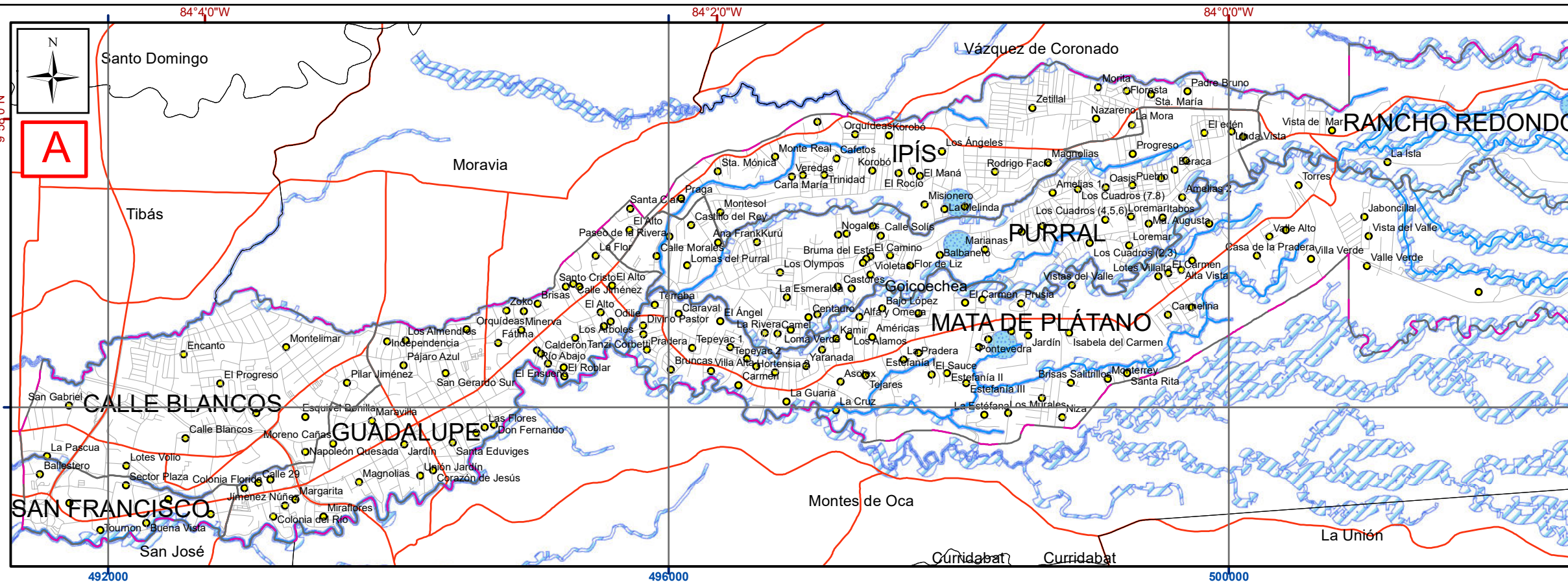
- Simbología**
- ┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - ▭ Limite distrital
 - ▭ Cantones
 - ▭ ASP
 - ▬ Ríos
 - ▬ Red Vial Nacional
 - ▬ Carreteras municipales
 - Poblados
 - Bosques
 - Cuerpos de agua

Mapa 3-2. Bioaptitud. Biotopos sensibles en el cantón de Goicoechea



Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados
- Cuerpos de agua
- Zonas de protección de nacientes
- Zonas de protección de ríos

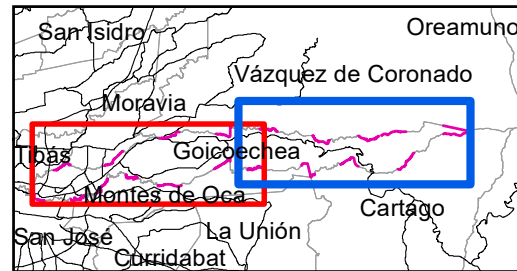
Mapa 3-3. Bioaptitud. Cuerpos de agua en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020. Profesionales responsables: Biol. Marco Retana López

0 250 500 1 000 1 500 Metros

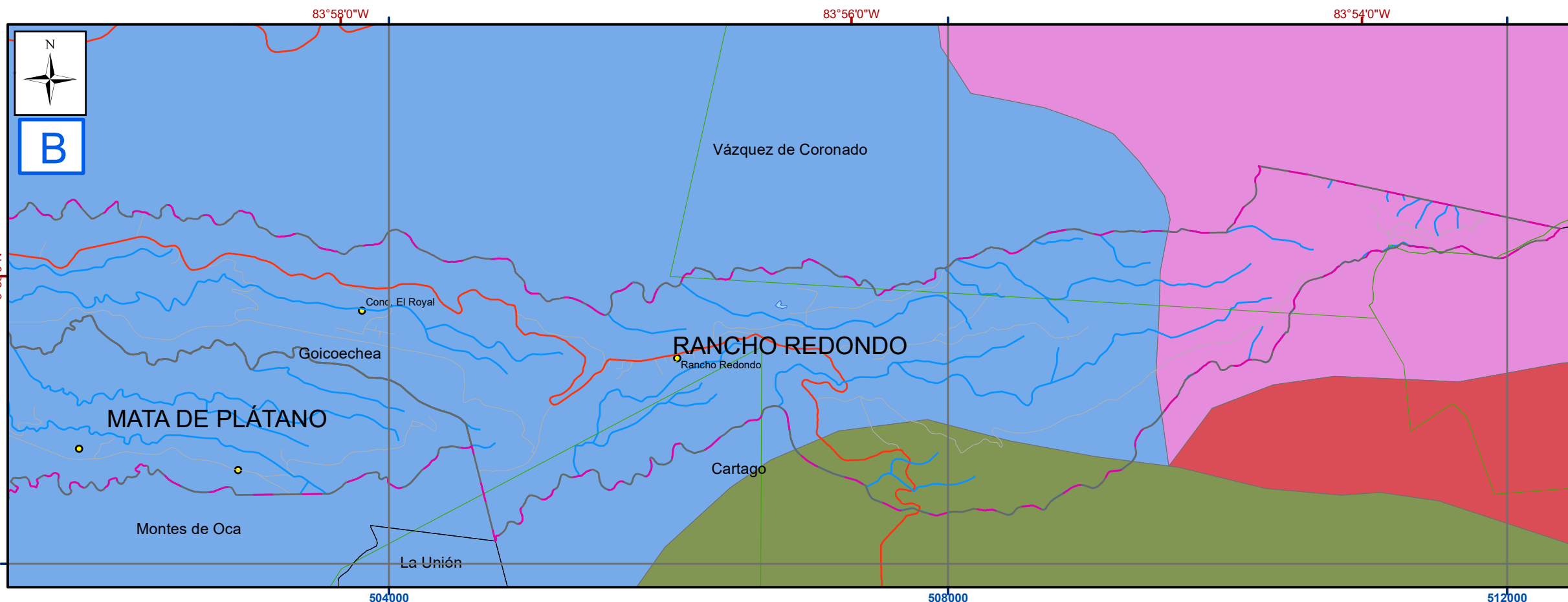
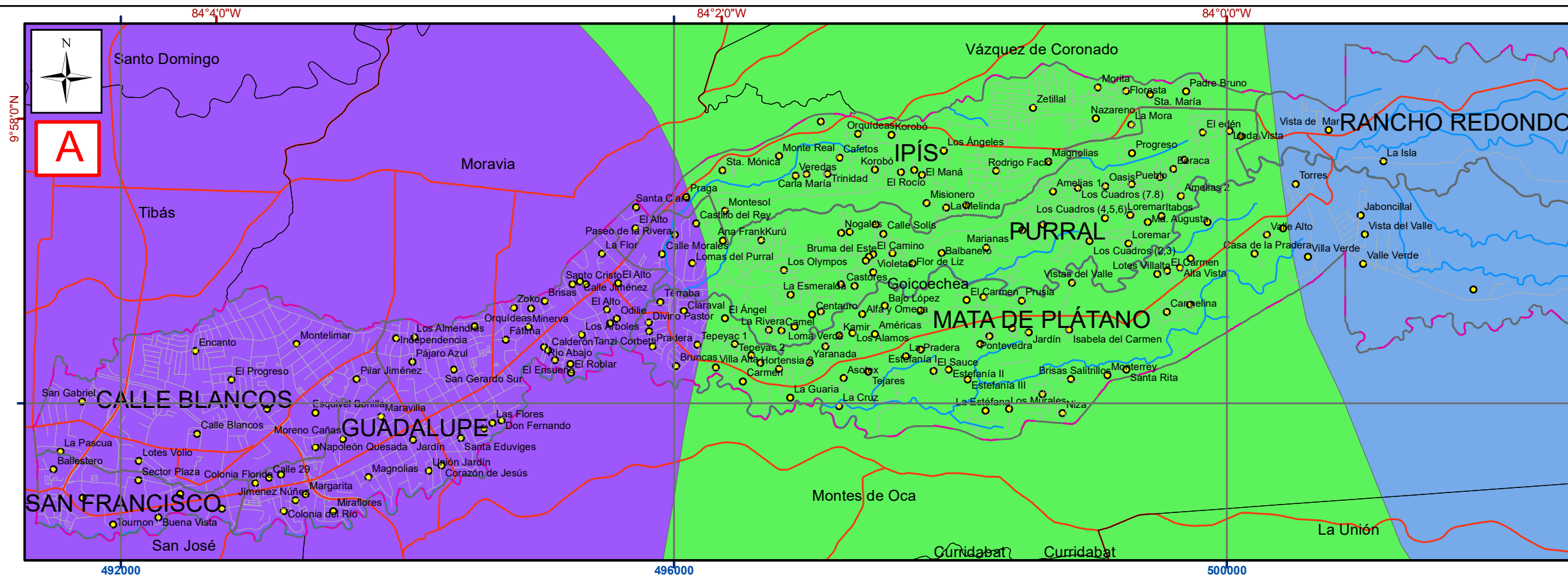
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



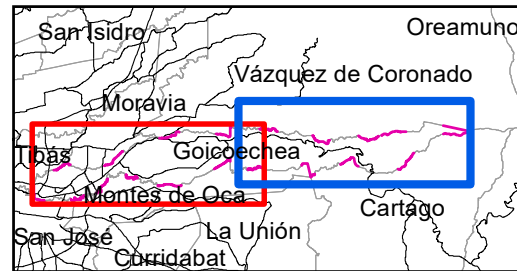
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Zonas de Vida Holdridge

- <all other values>
- BOSQUE HUMEDO PREMONTANO
- BOSQUE MUY HUMEDO PREMONTANO
- BOSQUE MUY HUMEDO MONTANO BAJO
- BOSQUE HUMEDO MONTANO BAJO
- BOSQUE PLUVIAL MONTANO
- BOSQUE MUY HUMEDO MONTANO

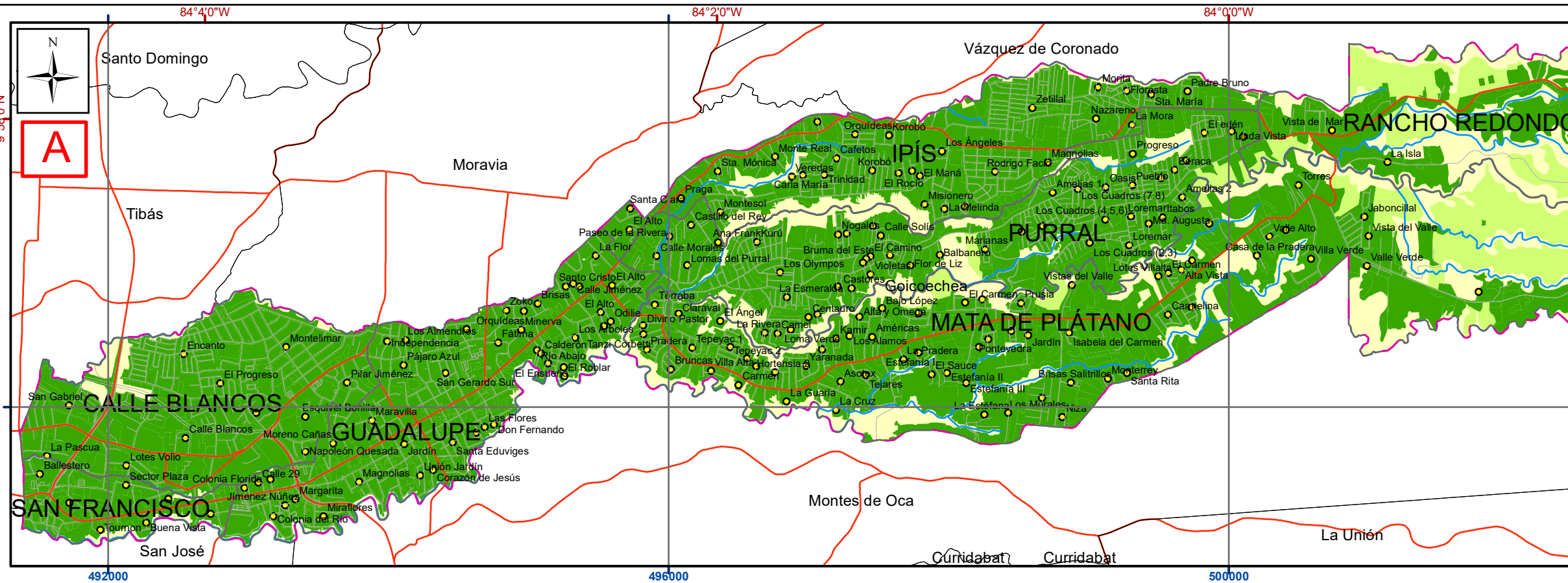
Mapa 3-4. Bioaptitud. Zonas de Vida



Escala del recuadro general 1:364 859

0 2.5 5 10 15 Kilómetros

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geograficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



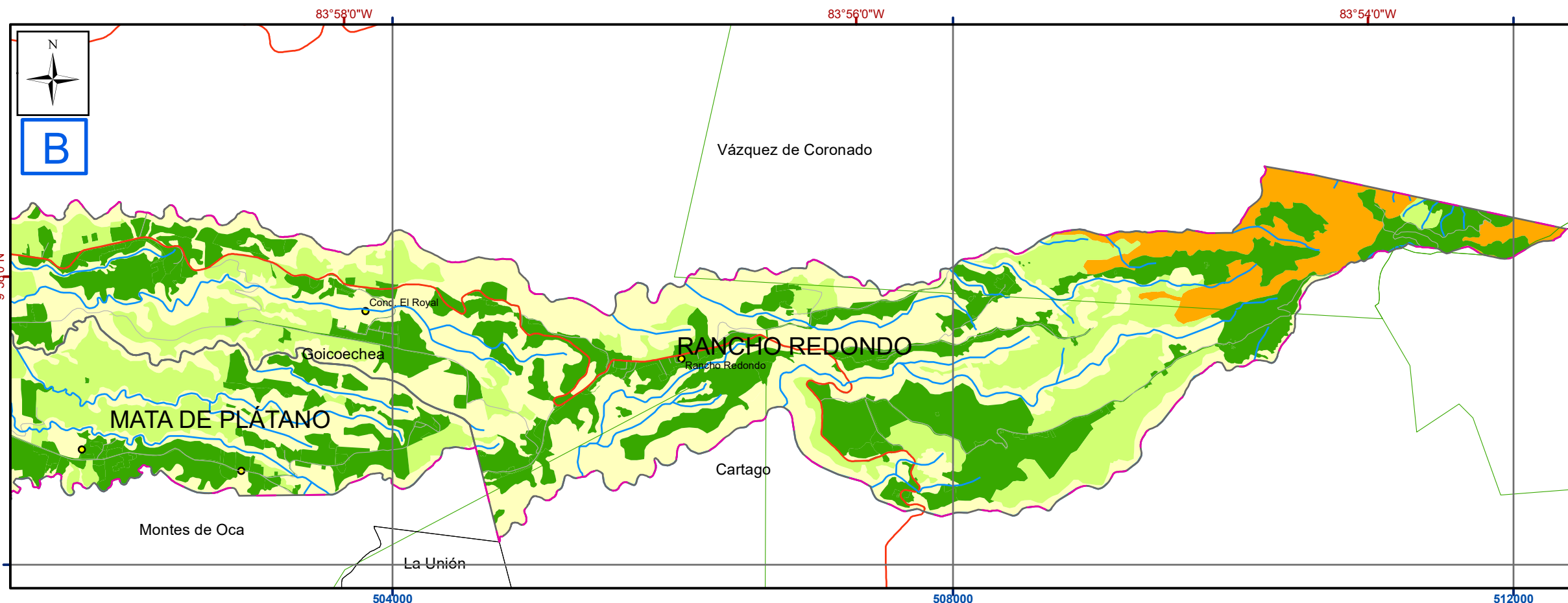
Simbología

- ┌ └ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- ▭ Limite distrital
- ▭ Cantones
- ▭ ASP
- ▬ Ríos
- ▬ Red Vial Nacional
- ▬ Carreteras municipales
- Poblados

Cobertura Biótica

IFA

- 2
- 3
- 4
- 5



Mapa 3-5. Bioaptitud. Tipo de cobertura biótica en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Biol. Marco Retana López

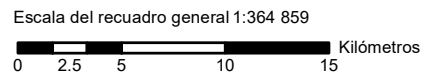
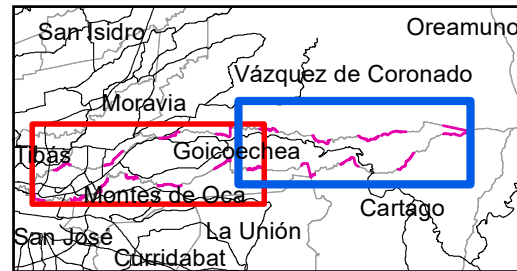
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000

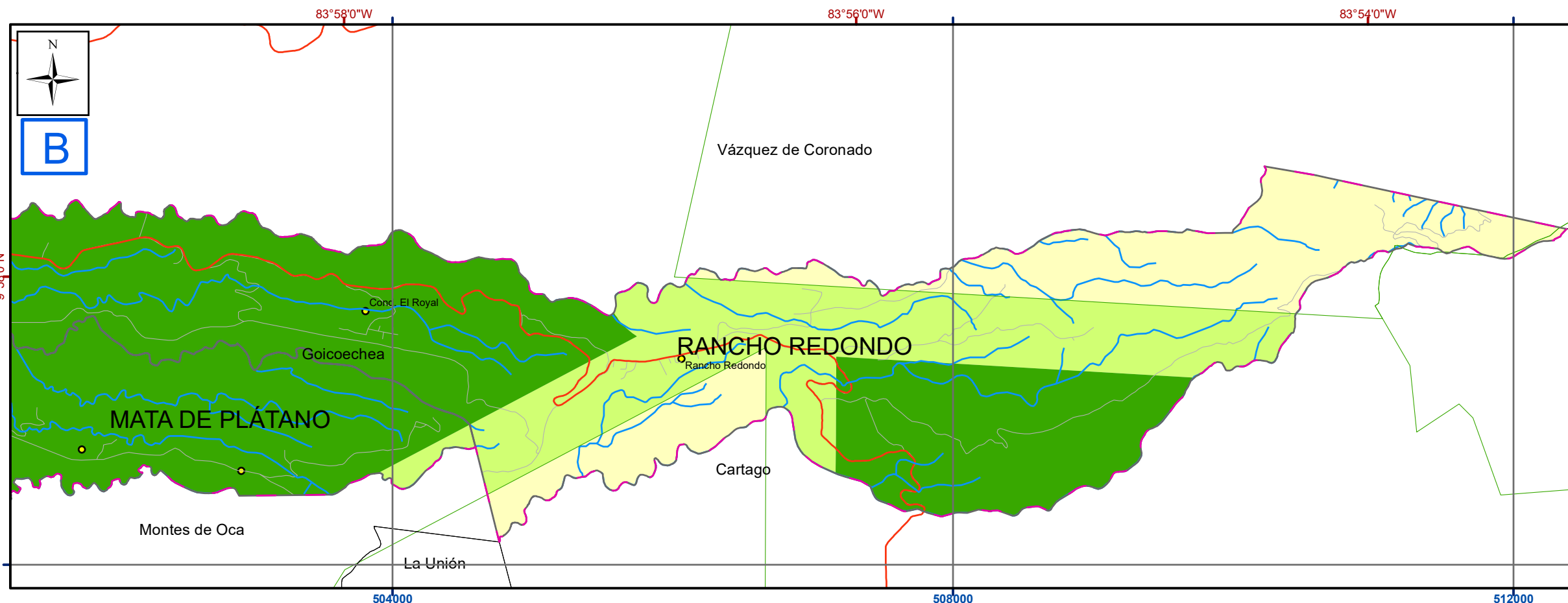
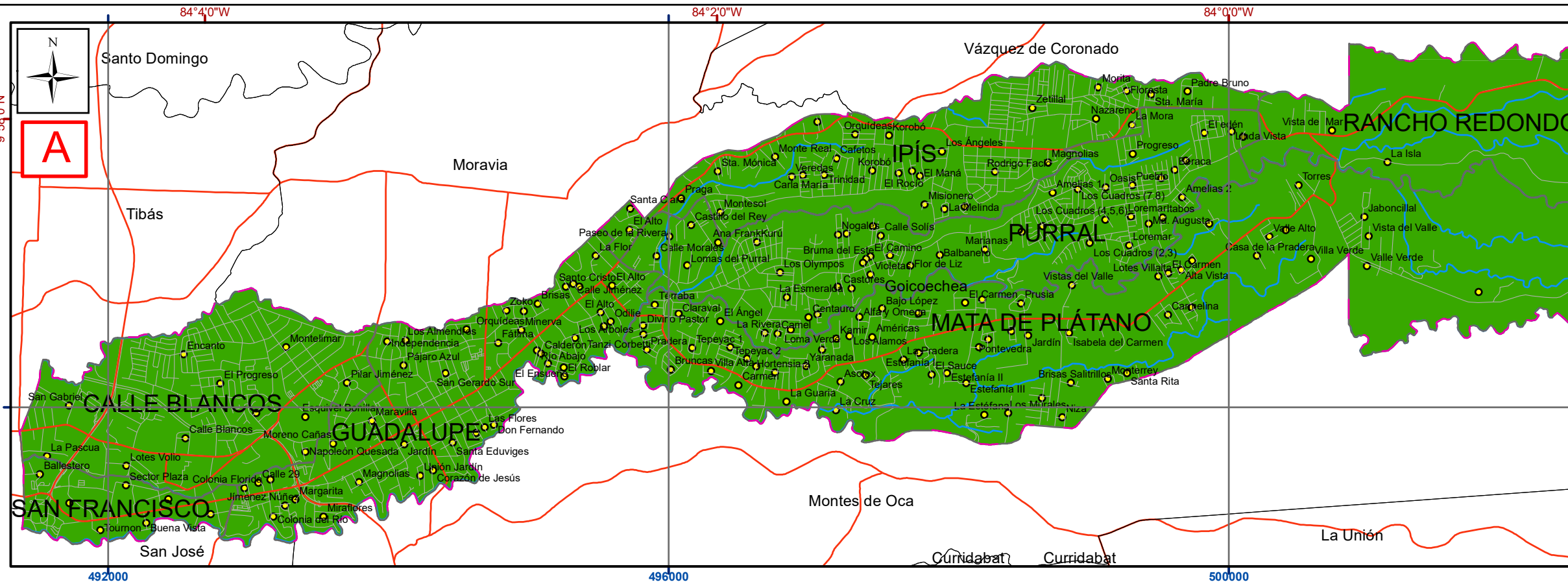
Transversal Mercator 05 (CRTM05)

Coordenadas geográficas





Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

┌ ┐ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

▭ Limite distrital

▭ Cantones

▭ ASP

— Ríos

— Red Vial Nacional

— Carreteras municipales

● Poblados

Categorías de manejo

IFA

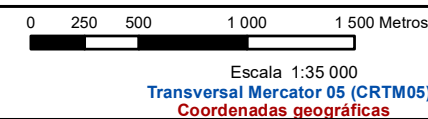
3

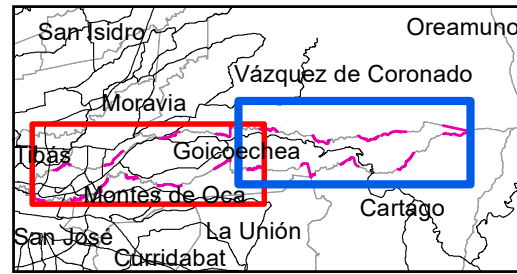
4

5

Mapa 3-6. Bioaptitud. Categorías de manejo en el cantón de Goicoechea

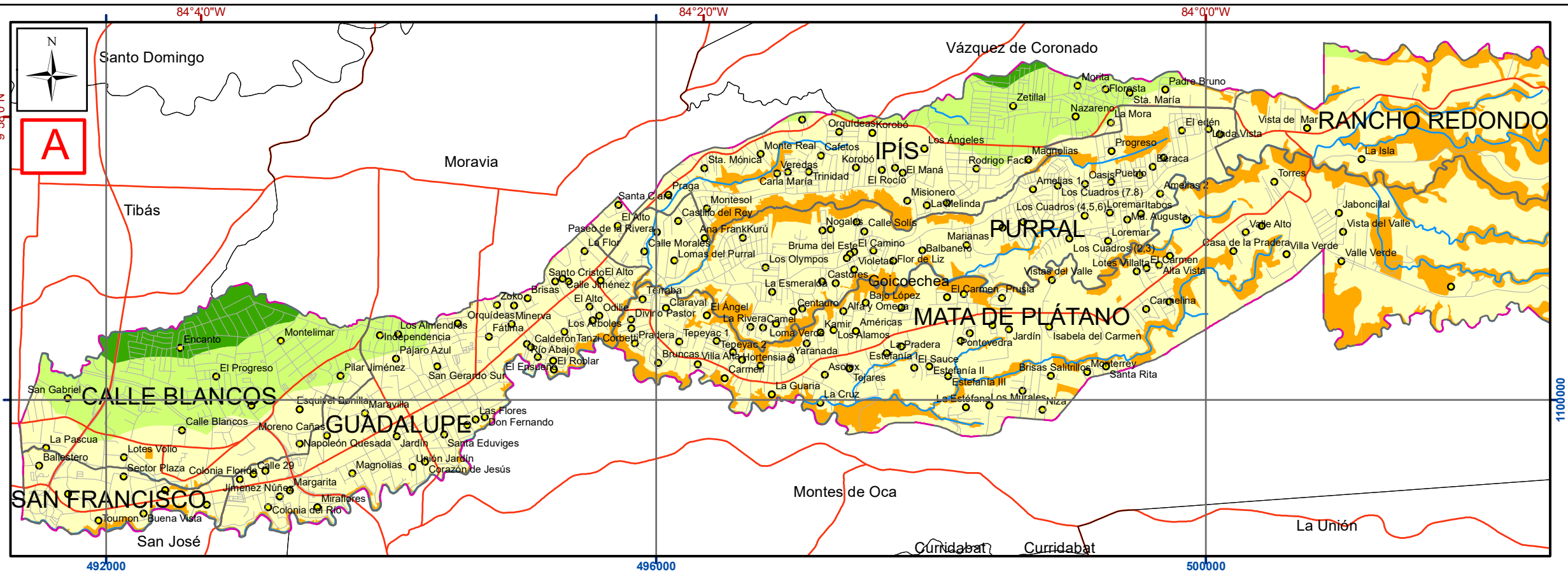
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.
 Profesionales responsables: Biol. Marco Retana López





Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



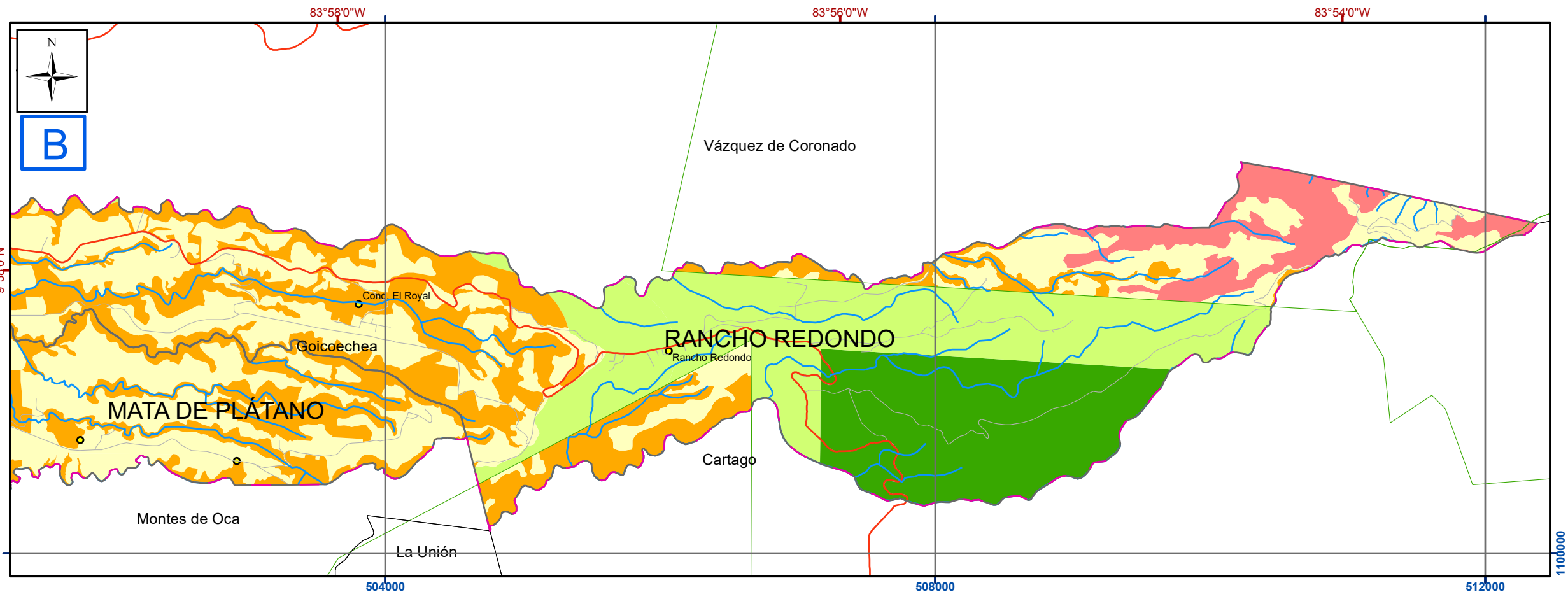
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Corredores Biológicos

IFA

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



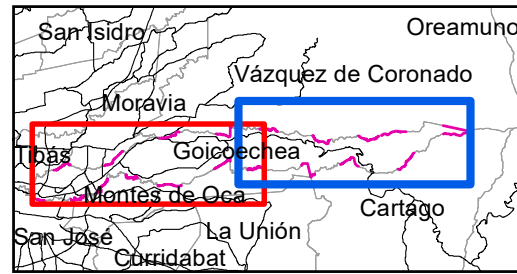
Mapa 3-7. Bioaptitud. Corredores biológicos en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020. Profesionales responsables: Biol. Marco Retana López

0 250 500 1 000 1 500 Metros

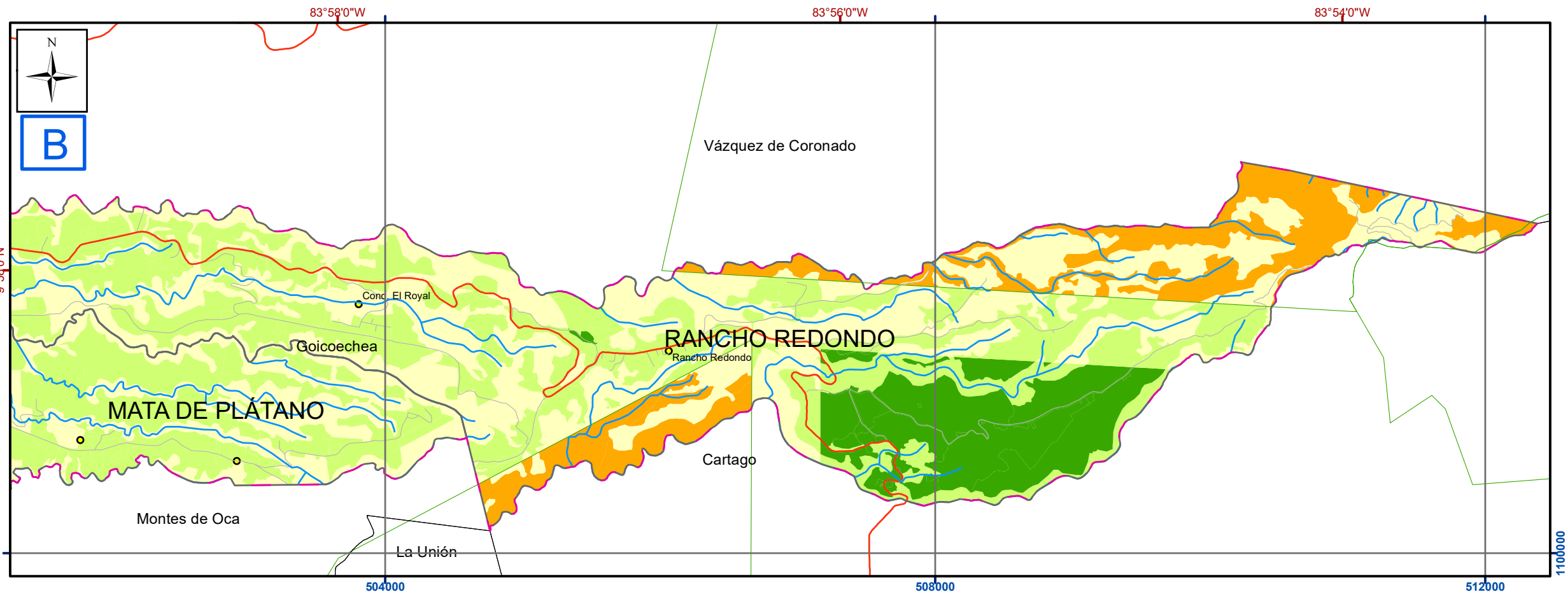
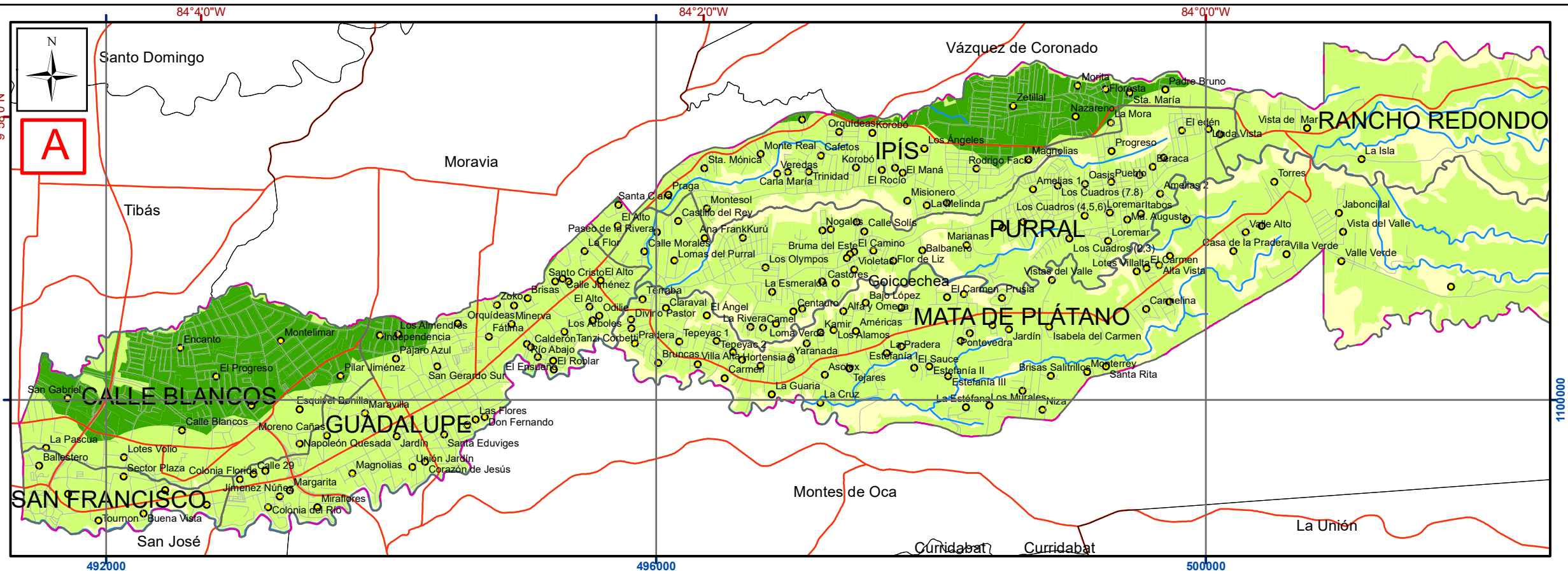
Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

┌ └ Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

▭ Limite distrital

▭ Cantones

▭ ASP

— Ríos

— Red Vial Nacional

— Carreteras municipales

● Poblados

Bioaptitud integrada

IFA

■ 2

■ 3

■ 4

■ 5

Mapa 3-8. Bioaptitud. IFA bioaptitud integrada en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020. Profesionales responsables: Biol. Marco Retana López

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



4. IFA Antropoaptitud

Este IFA resulta de la combinación de dos variables: una evaluación del uso del suelo según ocupación antrópica y una evaluación paisajística. En el Anexo I del Manual, específicamente en el numeral 5.11.1, se definen los componentes que deben ser tomados en cuenta para el análisis de cada variable, mientras que en el Anexo II se expone cómo se crean las categorías para cada caso.

Cabe decir que algunos de los puntos que señala el artículo 5.11.1 no llegan a verse reflejados en la categorización, sin embargo, y de conformidad con el Decreto, en esos casos la información se incluye bajo el esquema de capa contextual.

La estimación de las dos variables se muestra en las siguientes secciones, al igual que los resultados del IFA integrado. A continuación, se muestra el diagrama general de cálculo respectivo.

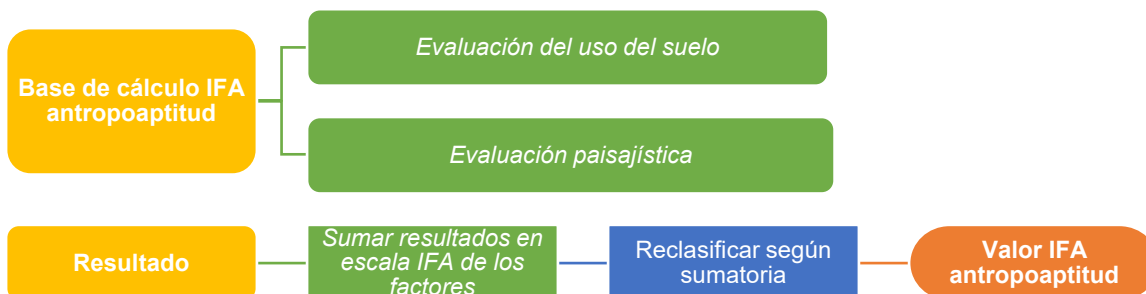


Figura 4-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA antropoaptitud

4.1. IFA uso antrópico

El IFA antropoaptitud de uso de suelo reúne los diversos procesos urbanos que modifican o afectan el territorio en su conjunto. La información que solicita el artículo 5.11.1 con respecto a esta capa es la siguiente:

- Áreas de desarrollo urbano de conformidad con la regulación vigente
- Uso del suelo antrópico
- Infraestructura vial
- Áreas de administración especial
- Sitios de interés cultural, arqueológico, científico e histórico
- Áreas de potencial ocupación a corto (0 a 3 años) y mediano (3-10 años) plazo

La extensión del territorio se evalúa en la variable de acuerdo con lo señalado en el Anexo 2 del decreto, tal y como se muestra a continuación.

Tabla 4-1. Categorización de la variable uso del suelo del IFA antropaptitud

Valor IFA	1 Muy alto	2 Alto	3 Moderado	4 Bajo	5 Muy bajo
Descripción	Sitios arqueológicos o culturales	Ocupación antrópica en áreas ambientalmente frágiles	Áreas de potencial ocupación humana a mediano plazo (3-10 años)	Áreas de potencial ocupación humana a corto plazo (0-3 años)	Áreas de ocupación antrópica actual

Analizar y comprender la interacción entre la población, la economía, las actividades antrópicas y la naturaleza en pro de un desarrollo sostenible, evaluando los impactos positivos y negativos de cada una de las partes del sistema, así como sus interacciones, corresponde con uno de los ejes transversales del diagnóstico realizado para la creación del plan regulador, por lo que la inclusión de un conjunto de variables que estudia la interacción antrópica en el IFA permite que esta herramienta de análisis igualmente sopesa el efecto de las actividades antrópicas actuales.

Aunque el Decreto no especifica cuál es el impacto que busca evaluar esta variable particularmente, es decir, si lo que se busca es determinar el impacto de las actividades humanas sobre el entorno propiamente antrópico (por ejemplo, impactos de las actividades humanas sobre los sitios de interés cultural o arqueológico), el impacto de los sistemas naturales sobre las poblaciones humanas (por ejemplo, consecuencias de desastres naturales), o bien, el impacto de las poblaciones humanas sobre el medio natural (por ejemplo, urbanización de zonas no urbanas), se hace un análisis general a partir de las capas solicitadas para construir un escenario global que refleje los procesos urbanos que se han dado en el territorio del cantón de Goicoechea.

4.1.1. Áreas de desarrollo urbano de conformidad con la regulación vigente

Con respecto a estas áreas se tiene que el Decreto solicita su inclusión de acuerdo con datos colectados de forma directa y con la regulación vigente. En este caso, el cantón de Goicoechea cuenta con un Plan Regulador vigente que es del año 2000 y que hasta la fecha no se le ha realizado modificaciones. Cabe mencionar que, como parte de la actualización del Plan Regulador, ProDUS-UCR elaboró un diagnóstico de dicho documento. Algunos puntos destacados de este estudio son:

- Está conformado por 6 reglamentos de desarrollo urbano. Estos son: zonificación, regulaciones generales, vialidad, infraestructura urbana, renovación urbana y construcciones, urbanizaciones y fraccionamientos (este último es un único reglamento). Casi todos los reglamentos son un complemento al de Zonificación, éste es el que contiene los temas más críticos del Plan Regulador.

- Incluye un único mapa de zonificación a nivel cantonal, en el cual se determina un total de 43 zonas, entre las cuales se ubican zonas de protección, zonas urbanas, zonas agrícolas, zonas industriales, entre otras.
- En general, sobre la zonificación se puede afirmar que hay mucha diversidad de zonas, y las diferencias y similitudes entre ellas, en cuanto a regulaciones y usos del suelo, son confusas. Así, algunas zonas son sumamente específicas en cuanto a usos (como, por ejemplo, Zona de Talleres, Zona de Estacionamientos y Zona de Comercio y Servicios al Automovilista), mientras que otras son muy generales (por ejemplo, Zona Comercial Residencial Industrial).
- Teóricamente, la ciudad debe entenderse como un sistema, cuyas partes se complementan entre sí, por lo que una zonificación de este tipo resulta en un escenario disperso y discontinuo.
- La parte oeste del cantón evidentemente tiene vocación urbana, mientras que la parte este se distingue por su aptitud para la protección de recursos naturales, como el bosque y el agua. La transición entre ambas partes debe manejarse con cautela, ya que existe una gran presión por parte de la urbanidad a extenderse hacia las partes más altas.
- El Plan Regulador del año 2000 hace una división muy marcada entre ambas partes que es recomendable suavizar en su actualización. No obstante, la intención es clara en proteger las zonas más altas, permitiendo usos acordes, con la presencia excepcional de pequeños asentamientos humanos que históricamente se han conformado en esas ubicaciones. El Mapa 4.1-1 presenta la Zonificación Vigente en el Cantón.

4.1.2. Infraestructura vial

El diagnóstico físico- espacial elaborado como parte de la actualización del plan regulador contiene un apartado dedicado al tema de vialidad y movilidad, el cual contiene descripciones y análisis amplios y detallados sobre las variables asociadas. A continuación, se presentan algunos extractos del informe dicho, los cuales pueden ser complementados con la revisión del diagnóstico completo.

Red vial

La configuración de las vías de un cantón es un factor preponderante en su desarrollo, esta determina la calidad del sistema de transportes en la región, sistema que interactúa de forma directa y bilateral con el uso del suelo. De lo anterior se tiene que mejoras en la infraestructura vial del cantón propician incrementos en la actividad comercial y reducen los costos productivos y de logística de actividades industriales y agropecuarias entre otras.

El contar con un adecuado nivel de redundancia permite que los ciudadanos disfruten una mejor calidad de vida, ya que fomenta el desarrollo de sistemas de producción más rentables y permite

contar con múltiples alternativas a los diferentes actores del sistema, los cuales presentan diferentes necesidades y recursos disponibles. La redundancia además favorece la existencia de rutas alternas ante eventos excepcionales que requieran el cierre de rutas, reduciendo el impacto de estos sucesos en el tiempo de viaje de los usuarios, el consumo energético del sistema de transportes y la calidad del medio ambiente.

El cantón de Goicoechea se encuentra altamente urbanizado, por lo que se vuelve primordial contar con una adecuada conectividad vial y un apropiado nivel de redundancia que permita el desarrollo de las actividades económicas del cantón y se garantice a la población un oportuno acceso a los servicios básicos y una calidad de vida idónea.

Por otro lado, la construcción y mantenimiento de la infraestructura vial es costosa, por ende, es fundamental para la municipalidad contar con un inventario actualizado de las vías públicas en el cantón, su estado, derecho de vía y jerarquía. Con esta información es posible determinar los puntos críticos de la red, en los cuales se requieren mejoras en conectividad, ampliaciones o mantenimiento preventivo de forma que se optimice el uso de los recursos públicos sin perjuicio de la red vial.

Descripción general de la red vial

La red vial del cantón de Goicoechea está conformada por un total de 217,3 km de vías, de las cuales 181,1 km corresponden a las vías cantonales administradas por parte de la municipalidad y 36,76 km de vías nacionales administradas por el ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). En el Mapa 4.1-2 se observan las carreteras tanto nacionales como cantonales que atraviesan el cantón de Goicoechea, donde se puede observar que este cantón cuenta con importantes rutas a nivel país como lo es la ruta 39 (Circunvalación) y la ruta 32 (San José-Limón) siendo esta la principal ruta para movimiento de carga en el territorio nacional.

El sector oeste del cantón cuenta con una red vial densa, múltiples rutas nacionales que le permiten su conexión con los cantones vecinos de Moravia, Tibás, Montes de Oca, San José y Vázquez de Coronado. En este sector el uso de suelo es predominantemente urbano y existe abundancia de rutas cantonales que permiten el acceso a los diferentes barrios del cantón. Existen múltiples rutas que permiten los viajes en los sentidos este-oeste, sin embargo, hay problemas de conectividad para el desplazamiento norte-sur, siendo este limitado en varias zonas del cantón. Otro problema de conectividad importante en el sector es que se presentan múltiples desarrollos lineales, los cuales en su mayoría concluyen en carreteras sin salida por lo que no existe redundancia vial.

La red vial en el sector este del cantón es escasa, esto se debe a que el uso de suelo es predominantemente rural, con baja densidad poblacional y la topografía de la zona dificulta el trazado de carreteras adecuadas. Las carreteras existentes permiten el trasladarse casi de forma exclusiva en los sentidos este-oeste o viceversa, siendo la conectividad Norte-Sur casi inexistente.

Rutas nacionales

La red vial nacional se encuentra bajo la jurisdicción del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, por lo que en términos legales la intervención que la municipalidad puede realizar en ella es poca o nula.

Red vial cantonal

La red vial cantonal se encuentra directamente bajo la jurisdicción municipal y puede ser regulada por ésta. Aspectos como derechos de vía, jerarquía, conectividad entre otros pueden ser incluidos entre las consideraciones técnicas del plan regulador y dictar normas o propuestas en pro de mejora de ser requerido, por lo que se debe considerar como parte del diagnóstico aspectos básicos de la red.

Configuración general de la red y conectividad vial

Goicoechea es un cantón que cuenta con dos realidades diferentes, el sector oeste con vocación principalmente urbana y el sector este primordialmente rural. El sector este se definió a partir de aproximadamente 350m este de la intersección entre las rutas nacionales 205 y 218, este sector comprende en su mayoría el distrito de Rancho Redondo, así como una fracción del distrito Mata de Plátano. La red vial en este sector se compone principalmente de la ruta nacional 218, ya que las carreteras cantonales son escasas y la conectividad entre ellas es prácticamente nula. Adicionalmente el terreno en este sector presenta una topografía quebrada lo que dificulta el trazado y construcción de nueva vialidad.

Por su parte el sector Oeste se compone de la totalidad de los distritos de Calle Blancos, San Francisco, Guadalupe, Purrál e Ipís y una fracción del distrito Mata de Plátano. Como se mencionó previamente este sector es primordialmente urbano de forma que la configuración vial más apropiada sería una red de cuadras y macro cuadras que permitan desplazarse fácilmente de un sector de la ciudad a otro y genere el nivel de redundancia requerido para disminuir la congestión y los problemas de tráfico derivados de cierres parciales o totales de vías por motivos diversos. Para efectos de este estudio se entenderá como una cuadra a los edificios o desarrollos urbanos que generalmente tienen forma cuadrangular y se encuentran rodeados por vía pública en todos sus extremos. A su vez, se debe entender una macro cuadra como un conjunto de cuadras adyacentes, las cuales pueden o no tener forma cuadrangular.

El cantón de Goicoechea cuenta con un sistema de cuadras principalmente en los distritos de Calle Blancos y Guadalupe, siendo en este último el único distrito que cuenta con cuadras de forma cuadrangular. Esta configuración se extiende desde la calle 47 frente a la municipalidad de Goicoechea hasta la calle 65, aproximadamente 100m antes del cruce de Moravia y está compuesta aproximadamente por 26 cuadras tal y como se puede observar en la Figura 4-2.



Figura 4-2. Configuración en cuadras en el cantón de Goicoechea.

Fuente: Google Maps (2020). Editado por ProDUS (2020)

Las macro cuadras por su parte son escasas en el cantón, si bien podría considerarse como macro cuadras algunos sectores de Calle Blancos y Guadalupe, estas cuentan con menor conectividad y redundancia debido a que no se conforman por un arreglo simétrico de cuadras. En la Figura 4-3 se observan algunos ejemplos de macro cuadras en el cantón.



Figura 4-3. Ejemplo de macro cuadras en el cantón de Goicoechea

Fuente: Google Maps (2020). Editado por ProDUS (2020)

En los distritos de San Francisco, Mata de Plátano, Rancho Redondo, Purral e Ipís la configuración vial dominante corresponde a desarrollos inmobiliarios alrededor de una calle principal, la cual generalmente corresponde a una ruta nacional. Los desarrollos sobre estas vías en general constan de urbanizaciones, las cuales en muchos casos se desarrollaron mediante calles sin salida o mediante circuitos de vías sin conexión con otras rutas excepto la vía principal, lo que limita enormemente la conectividad interna del cantón y la redundancia vial de estos distritos con el consecuente detrimento de los tiempos de viaje para los ciudadanos.

Como se mencionó previamente la conectividad interna del cantón es muy limitada en varios distritos, debido a los desarrollos urbanísticos en calle sin salida. A este problema debe sumársele las limitantes físicas y topográficas del cantón, el cual es atravesado por varios ríos y quebradas en sentido este-oeste y dificultan el desarrollo de vías de conexión en sentido norte-sur por lo que los problemas de conectividad no afectan únicamente los flujos internos del distrito si no también los flujos interdistritales e intercantonales. En el Mapa 4.1-2. se pueden apreciar los puntos de conexión interdistrital del cantón de Goicoechea, así como los puntos y rutas de conexión con los cantones de Tibás, San José, Montes de Oca, Vázquez de Coronado, Moravia y Cartago.

Es importante resaltar que Goicoechea cuenta con al menos una vía de conexión con cada uno de los cantones vecinos, siendo Guadalupe e Ipís los distritos en los que se ubican más conexiones de este tipo, tal como se observa en el mapa. La principal limitante para mejorar la conectividad vial con los cantones adyacentes viene dada por la red hidrográfica, por cuanto será necesario construir puentes o alcantarillas para habilitar nuevas carreteras, adicionalmente estas conexiones no dependen únicamente de la municipalidad de Goicoechea sino del interés y los convenios que puedan ser suscritos con las otras municipalidades. Ante esta situación es conveniente analizar la condición de los accesos actuales al cantón y sus posibilidades de mejora antes de la construcción de nuevos accesos. Mediante visitas de campo se detectó que algunas intersecciones en las vías de acceso al cantón cuentan con problemas de diseño geométrico, ya sea por su alta pendiente, su radio de giro o problemas de visibilidad entre otros. Estas intersecciones se ubican principalmente en el distrito de Mata de Plátano y su mejora puede aumentar la capacidad de la red vial existente.

Respecto a las vías de conexión interdistritales, el cantón de Goicoechea cuenta con una buena conectividad entre los distritos de Guadalupe, San Francisco y Calle Blancos. Por su parte como se aprecia en el Mapa 4.1-2 los distritos de Ipís, Mata de Plátano y Purral únicamente cuentan con una vía de acceso desde el distrito de Guadalupe. Los distritos de Ipís y Purral cuentan con al menos cinco vías de conexión lo que les permite distribuir los flujos locales de ambos distritos, así como los viajes que se dirigen o vienen desde el cantón de Vázquez de Coronado. Por su parte el distrito de Mata de Plátano se encuentra casi aislado del resto del cantón, ya que únicamente cuenta con un acceso desde Guadalupe y uno desde Rancho Redondo ambos atreves de la nacional 205, así como un acceso desde el distrito de Purral el cual se encuentra muy cercano al acceso desde Guadalupe. Ante esta condición es recomendable evaluar la creación de vías de conexión con el distrito de Purral en diferentes puntos del cantón, estas vías permitirían redistribuir los flujos locales y mejorar el

desplazamiento norte-sur en el cantón haciendo más expeditos los viajes de Ipís y Purral a cantones como Montes de Oca, Curridabat y La Unión, así como el traslado desde Mata de Plátano a Vázquez de Coronado y Moravia.

Proyectos viales en desarrollo

Como se ha mencionado previamente, el cantón de Goicoechea es parte importante del área metropolitana de San José y el cantón es atravesado por rutas nacionales esenciales como la número 32 y la número 39, por este motivo se debe realizar constantes inversiones en el mantenimiento y mejora de la red vial del cantón. Actualmente el Gobierno de la República de Costa Rica está realizando una de las inversiones más grandes en infraestructura vial en las últimas décadas, la construcción del tramo norte de la ruta 39 conocida como circunvalación, adicionalmente se están realizando mejoras a la ruta mediante la construcción de pasos a desnivel en puntos estratégicos. El cantón de Goicoechea se ve beneficiado por ambos proyectos sobre la ruta 39 los cuales se describen brevemente en esta sección.

Áreas de administración especial

Del decreto se extrae que estas áreas son aquéllas en donde ya existe una decisión especial sobre el uso del suelo, y menciona ejemplos como parques nacionales, reservas biológicas absolutas y similares. Adicionalmente, este concepto necesariamente debe concordarse con la regulación de zonas especiales contenida en el artículo 25 de la Ley de Planificación Urbana, la cual indica lo siguiente haciendo referencia al reglamento de zonificación:

Artículo 25. En dicho reglamento figurarán como zonas especiales, las que soporten alguna reserva en cuanto a su uso y desarrollo, como en el caso de los aeropuertos, los sitios con importancia histórica o los recursos naturales conservables y las áreas demarcadas como inundables, peligrosas o necesarias al propósito de contener el crecimiento urbano.

Ante los conceptos expuestos anteriormente, se concluye que las áreas de administración especiales son todas aquellas extensiones sobre las cuales existe una ordenanza de uso o una restricción taxativa de desarrollo.

Es importante identificar estas zonas para su inclusión en el plan regulador, ya que, de acuerdo con su categoría, así son los objetivos específicos planteados de acuerdo con las regulaciones de cada una de ellas. Así, en el cantón de Goicoechea, se determinaron los siguientes espacios geográficos con tales características:

4.1.3. Áreas Silvestres Protegidas (ASP)

Las ASP se definen en la legislación nacional vigente como: “Espacio geográfico definido, declarado oficialmente y designado con una categoría de manejo en virtud de su importancia natural, cultural

y/o socioeconómica, para cumplir con determinados objetivos de conservación y de gestión”. (DE-34433, Reglamento Ley de Biodiversidad, artículo 3, inciso a).

En el cantón de Goicoechea se ubica una pequeña porción de la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central y de la Zona Protectora Río Tiribí (aproximadamente 74 ha o 10% de su área total se encuentran en Goicoechea), ambas en el sector este, dentro de los límites del distrito de Rancho Redondo (SINAC, 2020).

En el caso de la Zona Protectora Río Tiribí, ésta cuenta con un Plan General de Manejo (2017 – 2021). Cabe decir que la zona fue creada para la protección del recurso hídrico para el consumo humano y generación de energía hidroeléctrica que provee la Microcuenca del Río Tiribí (SINAC, 2000).

A su vez, la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central forma parte del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central, la cual tiene 31 áreas silvestres protegidas en categorías de manejo distintas, con múltiples ecosistemas, fuentes de agua y corredores biológicos. 219 ha de esta ASP están ubicados dentro de la extensión territorial de Goicoechea, mayoritariamente en la colindancia norte con el cantón de Vásquez de Coronado.

4.1.4. Uso del suelo antrópico

El Mapa 4.1-4 presenta el uso del suelo actual para el cantón de Goicoechea. El mapa utiliza como base el mapa de uso del suelo 1:10000 de PRUGAM (2008) y fue actualizado al 2020 con trabajo de campo. En el cantón se reconocieron principalmente los 8 grandes grupos de usos del suelo que se enlistan seguidamente:

1. Uso residencial
2. Uso comercial y servicios diversos
3. Uso industrial
4. Usos relacionados con servicios urbanos:
 - (a) Educación y cultura
 - (b) Gubernamental o público
 - (c) Transporte y almacenaje
 - (d) Salud y bienestar
 - (e) Cementerio
 - (f) Otros servicios urbanos
5. Usos recreativos:
 - (a) Parque y zona verde
 - (b) Deporte y recreación
6. Usos pecuarios:
 - (a) Pastos
 - (b) Pastos con árboles dispersos
7. Usos forestales y vegetación natural:
 - (a) Bosque
 - (b) Charral
8. Usos agrícolas:

- (a) Café
- (b) Frutal
- (c) Hortalizas y granos
- (d) Otros usos agrícolas

En la siguiente tabla se resume la cuantificación de la distribución de área del cantón según las diferentes categorías de uso de suelo analizadas.

Tabla 4-2. Distribución de uso del suelo en Goicoechea en el año 2020

Usos del suelo	Área (Ha)	Porcentaje
Carretera pavimentada	227.3	7.2%
Residencial	821.9	25.9%
Comercial y servicios diversos	44.8	1.4%
Industrial	94.0	3.0%
Entidad gubernamental o pública	8.4	0.3%
Educación y cultura	30.6	1.0%
Salud y bienestar	5.5	0.2%
Transporte y almacenaje	7.6	0.2%
Otros servicios urbanos	18.3	0.6%
Cementerio	6.0	0.2%
Parque y zona verde	6.3	0.2%
Deporte y recreación	13.8	0.4%
Botadero, relleno o tajo	4.5	0.1%
Curso fluvial	0.5	0.0%
Agua superficial	0.3	0.0%
Hortalizas y granos	0.5	0.0%
Frutal	5.1	0.2%
Café	44.9	1.4%
Pastos	437.8	13.8%
Pastos con árboles dispersos	378.3	11.9%
Bosque	930.0	29.3%
Charral	53.5	1.7%
Otros usos agropecuarios	28.3	0.9%
Vía Férrea	1.5	0.0%
TOTAL	3169.6	100.0%

El uso del suelo urbano corresponde a todos los conglomerados de infraestructura urbana, viviendas, edificaciones, industrias e inclusive parques recreativos; con lo cual abarcaría al uso residencial, uso comercial y servicios diversos, uso industrial, usos relacionados con servicios urbanos y usos recreativos. En total, el cantón de Goicoechea cuenta con 1297,7 hectáreas de zona urbana, que es equivalente al 41% del total de área, del cual 26% pertenece a usos residenciales, categoría que es la de mayor extensión en el cantón.

Es aproximadamente en la mitad del cantón (en sentido oeste-este) donde se invierte la vocación netamente urbana del uso de suelo del cantón y pasa a ser casi exclusivamente rural; la mitad mencionada corresponde a la "cintura" de la forma del cantón, en las cercanías de los poblados Jaboncillal en Mata de Plátano y Vista de Mar en Rancho Redondo. A la vez, la agrupación de los usos pecuarios y de los usos agrícolas consiste en 990 Ha, lo que constituye el 31,2% del área total del cantón.

4.1.5. Sitios arqueológicos

Lic. Gustavo Adolfo Gómez Quesada

Los sitios arqueológicos registrados hasta la fecha dentro de los límites territoriales del cantón de Goicoechea son 11, según la base de datos "Orígenes" administrada por el Depto. de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica para marzo del año 2020. Cabe resaltar que 10 de los 11 sitios arqueológicos registrados se emplazan en zonas actualmente urbanizadas. No obstante, por su ubicación algunos sitios se asocian a potreros, pequeños parques infantiles, lotes baldíos y en un caso particular a una plantación de árboles de ciprés. Este tema se amplía en las siguientes secciones.

Patrimonio arqueológico e histórico- arquitectónico

El presente diagnóstico arroja información relacionada con los sitios arqueológicos y los inmuebles con declaratoria de patrimonio histórico- arquitectónico, registrados en el cantón de Goicoechea.

Para la elaboración del trabajo se parte de los registros existentes a marzo del año 2020, procedentes tanto de la base de datos "Orígenes" de sitios arqueológicos administrada por el Departamento de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica¹; como del registro de

¹ A continuación, se señalan los principales criterios arqueológicos establecidos por la Base "Orígenes"; para registrar formalmente evidencia arqueológica (sitios). **Clase:** función dada al sitio, por ejemplo, habitacional, funerario, extracción de recursos, sitios con arte rupestre (petroglifos), taller o cueva (sin función específica). **Temporalidad:** describe el Período cultural o rango de tiempo adscrito. **Tipo:** combina función y temporalidad. **Depósitos arqueológicos:** superficiales, estratificados, ambos. **Accesibilidad:** se define a partir de niveles, a saber: fácil, moderado o difícil (en función a la distancia con caminos públicos, en propiedad privada o pública. **Ubicación:** coordenadas geográficas y proyección Crtm05. **Área estimada:** espacio a través del cual se registra dispección de evidencia. **Estado de Conservación:** a partir de criterios como: arado, construcciones, huaquedo (saqueado), no alterado. **Trabajo ejecutado:** excavación

bienes inmuebles de valor patrimonial inscritos en el Centro de Conservación del Patrimonio Cultural.

Seguidamente se establecen los principales lineamientos metodológicos desde los cuales se elaboró el presente apartado. Como línea de acción se tomaron como referencia los trabajos de Gianotti, Dabazies y Casheda (2007) y Herrera (2019).

Patrimonio arqueológico

Inventario de sitios arqueológicos

Como punto de partida para catalogar e inventariar los sitios del cantón de Goicoechea, estuvo la consulta realizada a la base de datos "Orígenes" de sitios arqueológicos, administrada por el Departamento de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica y actualizada al mes de marzo del año 2020.

Además, se solicitó a la Jefatura del Depto. de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica, un archivo espacial con la ubicación geográfica de cada uno de los sitios arqueológicos registrados dentro de los límites político-administrativos del cantón de Goicoechea (Oficio: DAH-2019-O-271 del 22 de agosto de 2019).

Es importante señalar que cada sitio arqueológico registrado dentro de la Base "Orígenes", cuenta con una ficha descriptiva estándar, no obstante, la información existente para cada sitio no siempre alcanza el mismo nivel de detalle. Ello se debe a que las investigaciones desarrolladas en cada uno de los sitios arqueológicos registrados, no tuvieron los mismos alcances u objetivos. Como parte del diagnóstico las variables descriptivas para cada sitio se ampliaron, esto en lo que refiere a su estado actual de conservación.

Finalmente, para el diagnóstico se consultaron los informes de campo elaborados por los investigadores que trabajaron en algunos de los sitios registrados. Sin embargo, la mayor parte de los sitios únicamente cuentan con la ficha estándar proporcionada por la base de datos mencionada.

Localización y delimitación de sitios arqueológicos

La base de datos "Orígenes" registraba para marzo del año 2020 un total de 11 sitios arqueológicos dentro de los límites territoriales del cantón de Goicoechea.

sistemática, prospección, recolección de superficie. **Material recuperado:** cerámica, lítica, hueso, concha, otro. **Levantamiento cartográfico:** sí/no. Toda ésta información se consigna en la ficha estándar de sitio (ver: Anexo 1).

Cada uno de los sitios en cuestión fue visitado para este diagnóstico. Aunque los sitios fueron reubicados siguiendo las coordenadas de referencia señaladas en cada ficha estándar, sólo en un caso se registró la presencia de restos culturales a nivel de superficie.

Los trabajos realizados en el marco de este diagnóstico no permitieron realizar nuevos hallazgos arqueológicos. No obstante, a partir de la consulta realizada a pobladores locales se identificó un área con eventual potencial arqueológico, asociada a un sitio ya registrado. Sin embargo, dicha información deberá ser corroborada en un futuro mediante una prospección arqueológica de dicha área.

Específicamente para la ubicación de los 11 sitios arqueológicos se utilizó georreferenciación y navegación mediante GPS en coordenadas Crtm05 y geográficas (G/M/S).

Una vez ubicada el área donde se daba el cruce de coordenadas se realizaba un recorrido por los alrededores intentando ubicar algún tipo de evidencia arqueológica. Además, se levantó un registro fotográfico del área donde, según la Base de Datos "Orígenes" se emplazaba cada sitio arqueológico.

Desafortunadamente las condiciones de uso actual del suelo en las áreas visitadas impidieron obtener polígonos precisos para los sitios arqueológicos. Cabe señalar, que ninguno de los 11 sitios registrados en la base de datos "Orígenes" cuenta con un deslinde detallado de sus derroteros o área de dispersión horizontal de evidencia arqueológica.

Estado de conservación y régimen de propiedad de sitios arqueológicos

La afectación al recurso arqueológico se puede dividir en dos categorías. Factores biofísicos como por ejemplo: erosión (fluvial, costera, etc.) o bioturbación (hormigueros, madrigueras, etc.), y factores antrópicos donde destacan construcciones, ganadería, agricultura y huaquerismo.

Según sea la intensidad de alteración sufrida por el sitio arqueológico, ésta puede clasificarse como: nula, baja, media, alta o severa. A partir del nivel de alteración establecido a nivel de campo, los investigadores pueden describir el estado de conservación del sitio como bueno si la intensidad es nula o baja; media o regular si la misma es media y de malo a pésimo cuando la intensidad es alta y/o severa.

En lo que refiere al régimen de propiedad hay sitios en espacios privados o públicos, y en algunos casos pueden estar bajo protección legal si cuentan con declaratoria patrimonial o si se ubican dentro de algún área silvestre protegida, o bien, cercanos al cauce de un río (Art. 13, Ley Forestal 7575).

Antecedentes arqueológicos regionales

Con el objetivo de comprender el cambio cultural de las poblaciones humanas extintas, la teoría arqueológica establece divisiones tanto a nivel espacial (área/región) como temporal (período/fase).

En el plano espacial el área de estudio (cantón Goicoechea) se ubica en la órbita establecida para la denominada Región Arqueológica Intermontano Central. Al igual que otras regiones arqueológicas de nuestro país, esta región fue integrada y delimitada gracias al análisis comparativo de materiales cerámicos, patrones de asentamiento y características arquitectónicas de los yacimientos.

Entre las investigaciones que han generado datos empíricos para caracterizar espacial y temporalmente la Región Arqueológica Intermontano Central, destacan las realizadas por Hartman (1901), Kennedy (1968), Aguilar (1972, 1973, 1976), Skirboll (1981), Snarskis (1978, 1984) y Arias y Chávez (1985).

Según Aguilar (1972a, 1972b, 1974, 1975 y 1976), la secuencia cronológica para la Región Arqueológica Central también denominada Intermontano Central, consta de tres Fases Culturales: Pavas (300 a.C.-300 d.C.), Curridabat (300-800 d.C.) y Cartago (800-1.500 d.C.).

Posteriormente, Snarskis (1978, 1982) profundiza la cota de inicio de la secuencia, incluyendo en sus síntesis el Complejo Cerámico Barva (¿2.000- 1.000? - 300 a.C.). El cual es coetáneo al Complejo Cerámico La Montaña, descrito por el mismo autor para la Región Arqueológica Central Atlántica o Vertiente Central Atlántica (Snarskis, 1978).

Con el fin de caracterizar algunos de los componentes distintivos que han dado pie al establecimiento de la Región Arqueológica Intermontano Central, a continuación, se reseñan algunos de los datos más sobresalientes obtenidos en diversas investigaciones arqueológicas desarrolladas en dicho espacio geográfico. Para su presentación se sigue un orden cronológico definido por las fases culturales establecidas para la región.

Tabla 4-3. Secuencia cronológica de referencia

PERIODIZACIÓN PANREGIONAL	AÑOS CALENDARIOS	PERÍODOS ARQUEOLÓGICOS	
		Vertiente Central Atlántica <i>(Snarskis, 1978)</i>	Intermontano Central <i>(Aguilar, 1973)</i>
Baja Centroamérica <i>(Lange y Stone, 1984)</i>	1600		
	1500		
	1400		
	1300	La Cabaña	Cartago
	1200		
	1100		
Periodo V	1000		
	900		
	800	La Selva	
	700		Curridabat
Periodo IV	600		
	500		
	400		
	300		
	200	El Bosque	
	100		Pavas
	A.C. / D.C.		
	100		
	200		
	300		
Periodo III	400		
	500		
	600	La Montaña	Barva
	700		
	800		
	900		
	1000		
	...		
Periodo II	2000		
	4000		¿?
Periodo I	6000		
	8000	(Sitio Turrialba)	
	...		
	¿12000?		

- *Período Paleoindio (¿12.000? -8.000 a.C.) y Arcaico (8.000-2.000 a.C.)*

La evidencia más cercana al área de proyecto procede del sitio Quebrada Cangrejos, donde Gamboa, Fonseca y Snarskis (1974) reporta vestigios faunísticos Paleoindios.

Asimismo, para ambos periodos en el valle de Turrialba Snarskis (1977) reporta una cantera-taller con puntas lasqueadas tipo Clovis y Cola de Pez, ralladores y otras herramientas lasqueadas. Y León (2007) reporta asociada al Paleoindio, una punta estilo Cola de Pez en lutita silícea, procedente de la Virgen de Sarapiquí (Birlen H-12 Bi).

Fase Barva (¿2.000 – 1000? – 300 a.C.)

Corrales (1999), con base en datos procedentes de los sitios La Verbena (SJ-83 Vb) y Milpas (A-35 MI), postula que la ocupación Barva en el Valle Central comparte elementos a nivel de estilo cerámico con otros complejos tempranos como Chaparrón, Tronadora y Los Sueños.

Si bien los datos disponibles impiden clasificar tipológicamente el complejo Barva, este exhibe modos de forma similares a los observados en otros complejos cerámicos tempranos. Reyes (2008), por su parte apoya la idea de catalogar las vasijas cilíndricas (p.ej.: el tipo Zetillal) como marcadores pan-regionales para ocupaciones del período Formativo en Costa Rica.

Para Snarskis (2000) las primeras aldeas dispersas de la Región Arqueológica Central Atlántica surgen durante el período Barva. De esta época proceden los primeros registros de artefactos cerámicos junto a pesados instrumentos de piedra. Se considera que los primeros alfareros fueron los últimos en confiar su dieta básica en torno a raíces y cultivos arbóreos, trazando así los principios de un patrón de vida sedentario basado en la agricultura (Sheets, 1994).

Autores como Fonseca (1992), Snarskis (2000) y Corrales (2000), concuerdan que entre las Fases Barva y Pavas (500 a.C.-300 d.C.) surgen las primeras sociedades complejas del Intermontano Central. Un fenómeno que se dio paralelamente al incremento poblacional y a la producción masiva de granos.

Fase Pavas (300 a.C. – 300 d.C.)

Para la Fase Pavas, León y Salgado (2002) plantean una diversidad en el tipo de asentamientos, particularmente dentro del Eje Belén-Santo Domingo. Para este sector del Valle Central Occidental, las autoras reportan pequeños contextos que interpretan como residencias aisladas o caseríos, en tanto, otros contextos más amplios los reconocen como aldeas dispersas (León y Salgado, 2000).

A la fecha, no hay evidencia sólida para sostener o generalizar la existencia de sociedades de rango en el sector Oeste del Valle Central. Algunos de los sitios Pavas excavados en la zona (p.ej.: Siquiars II, Pan de Azúcar y La Zopilota), han sido interpretados como residencias aisladas o caseríos de

sociedades rurales igualitarias, dispuestas a lo interno de grandes asentamientos (Salgado, Hidalgo y Solís, 2000).

Investigaciones dirigidas en el Intermontano Central, han concluido que independientemente de la fase, los sitios más numerosos son Pavas, descendiendo el número de asentamientos conforme avanzan los períodos definidos en la secuencia (Salgado, Hidalgo y Solís, 2000).

Murillo (2009) incorpora la idea de un desarrollo diferenciado entre sectores del Valle Central. San Ramón destaca por ser la única zona del Valle Occidental donde los asentamientos Pavas son dispersos, y más bien escasos si compara con el número de asentamientos para otros sectores del Intermontano Central.

Muchos sitios Pavas suelen ubicarse en áreas planas cercanas a cursos de agua permanentes. Murillo (2009), reconoce la dificultad que envuelve definir la extensión de estos sitios, pues los materiales asociados suelen encontrarse dispersos en grandes extensiones de terreno.

Ejemplo de lo anterior es el sitio Finca Mayorga (H-53 FM), donde en un área de 50 hectáreas se registraron agrupaciones habitacionales integradas por viviendas separadas por unos 10 o 15 metros entre sí. Las agrupaciones habitacionales a su vez pueden estar separadas por cientos de metros unas de otras (León, 2000).

Entre los rasgos distintivos de la fase Pavas están los pisos de arcilla y los pozos troncocónicos. Estos últimos definidos por Snarskis (1981) como pozos de almacenamiento que al finalizar su vida útil se utilizaron como basureros o tumbas, tal interpretación es respaldada por el trabajo de Gutiérrez en Barreal de Heredia (1986).

Fase Curridabat (300-800 d.C.)

Para esta fase en el Intermontano Central se encuentran sitios que reflejan una alta complejidad sociopolítica, con una tendencia a la estratificación social manifiesta en el hallazgo de objetos suntuarios de alto rango. Es probable que durante esta fase emergieran las primeras sociedades cacicales de rango (Snarskis, 1992; 151).

Durante la Fase Curridabat la agricultura continuó en ascenso y la producción de granos se consolidó como la principal fuente de sustento. Razón por la cual, muchos sitios Curridabat muestran evidencia de un intenso cultivo de maíz, condición que en teoría, trajo consigo la necesidad de competir por suelos más fértiles y el desarrollo de sistemas agrícolas tendientes a la rotación de cultivos (Snarskis, 2000).

Quizás, la razón por la cual los sitios Curridabat se localizan mayoritariamente en terrenos de suelo fértil, se deba precisamente a la intensificación de la producción agrícola. La nucleación en áreas con suelos de vocación agrícola, se impuso a la posibilidad de asentarse en áreas de suelos pobres (Salgado, Hidalgo y Solís, 2000).

Para Fonseca (1992) el menor número de sitios Curridabat en comparación con sitios Pavas en el Intermontano Central, no debe interpretarse como consecuencia de un descenso poblacional, sino más bien, como un proceso de nucleación o concentración de la población, fenómeno que se explica por un proceso de complejización política.

La huella en el registro arqueológico de dicha complejización política estaría dada por la presencia de asentamientos jerarquizados, con centros regionales y aldeas de importancia diversa dentro de la organización político-administrativa de los cacicazgos consolidados durante la Fase Curridabat (Fonseca, 1992).

Para Snarskis (1984), la introducción de técnicas metalúrgicas procedentes de Colombia y Panamá cerca del 500 d.C., sustituyó buena parte del trabajo elaborado en jadeíta. En este sentido, los artefactos de jadeíta -asociados a Mesoamérica- se vieron paulatinamente remplazados (funcionalmente hablando), por artefactos fabricados en oro -asociados a Suramérica-.

Igualmente resulta interesante ver como la tradición alfarera en la región Central, difiere de aquella desarrollada en Gran Nicoya. Pues después del 500 d.C. las cerámicas decoradas de ambas regiones empiezan a mostrar una marcada diferencia estilística, tal condición se mantiene hasta el final de la secuencia de ocupación (Snarskis, 1984).

Fase Cartago (800-1550 d.C.)

Durante la Fase Cartago, los sitios del Intermontano Central son amplios y su distribución aparenta tener un carácter aleatorio. Se considera que para esta fase, otras variables aparte de la calidad del suelo entran en juego a la hora de elegir un lugar para asentarse. Probablemente, el establecimiento de fronteras sociopolíticas y la defensa estratégica intervinieron al momento de tomar decisiones al respecto.

Algunos sitios presentan montículos circulares, muros de contención y las viviendas parecen aglomerarse entre sí. En general, la alfarería de la Fase Cartago puede considerarse como de baja calidad y mucho menos abundante, si se le compara con la cerámica registrada para fases anteriores (p.ej.: Curridabat y Pavas) (Snarskis, 2000).

Antecedentes arqueológicos locales

La Tabla 4-4 incluye el nombre, clave, distrito, estado de conservación y coordenadas (Crtm 05), para los 11 sitios arqueológicos registrados en el cantón Goicoechea. Como puede verse 10 de los 11 sitios arqueológicos registrados en Goicoechea se emplazan en zonas actualmente urbanizadas. No obstante, por su ubicación algunos sitios se asocian a potreros, pequeños parques infantiles, lotes baldíos y en un caso particular a una plantación de árboles de ciprés. El Mapa 4.1-5 muestra la localización de los sitios arqueológicos en el Cantón de Goicoechea.

Tabla 4-4. Inventario de sitios arqueológicos

N°	Nombre	Clave	Distrito	Conservación	Coord Crtm05
1	Curú	<i>SJ-493 Cu</i>	Purrál	Construcción	<i>1.101.114 N 496.661 E</i>
2	Diarmo	<i>SJ-179 Do</i>	Ipís	Construcción	<i>1.101.443 N 495.934 E</i>
3	La Mora	<i>SJ-52 LM</i>	Purrál	Construcción	<i>1.101.836 N 499.147 E</i>
4	Motorola	<i>SJ-19 Mt</i>	Calle Blancos	Construcción	<i>1.099.569 N 492.560 E</i>
5	La Pradera	<i>SJ-74 LP</i>	Mata de Plátano	Construcción	<i>1.100.465 N 495.911 E</i>
6	Oasis	<i>SJ-97 Os</i>	Purrál	Construcción	<i>1.101.611 N 499.262 E</i>
7	Paja de Agua	<i>SJ-495 PA</i>	Mata de Plátano	Potrero	<i>1.101.109 N 501.736 E</i>
8	Purrál	<i>SJ-8 Pr</i>	Mata de Plátano	Construcción y Zona verde	<i>1.100.613 N 497.611 E</i>
9	Quebrada Cangrejos	<i>SJ-1 QC</i>	San Francisco	Construcción y Zona verde	<i>1.099.469 N 491.910 E</i>
10	Quebrada Tanques	<i>SJ-954 QT</i>	Ipís	Construcción y Zona verde	<i>1.101.920 N 497.780 E</i>
	Quirós	<i>SJ-486 Qs</i>	Guadalupe	Construcción	<i>1.100.316 N 495.261 E</i>

Fuente: Base "Orígenes" de Sitios Arqueológicos, Depto. Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica, consulta: marzo, 2020.

Tras realizar la inspección de campo para cada uno de los 11 sitios arqueológicos, se confirmó que sólo el sitio Paja de Agua (SJ-495 PA), no ha sido afectado por obras constructivas o erosión severa. Dicho sitio se ubica en una zona rural del distrito Mata de Plátano, dedica a la manutención de potreros para ganado de leche.

En este sentido, el sitio con mejor conservación según los datos recopilados hasta el momento es Paja de Agua (SJ-495 PA). Este sitio se ubica en terrenos dedicados a ganadería de leche en el distrito Mata de Plátano. El resto de sitios (10 en total) presentan un estado de conservación que va de regular a pésimo.

Los sitios más afectados por la huella urbana son: Curú, Diarmo, La Mora, Motorola, La Pradera, Oasis y Quirós. Dichos sitios presentan una alteración severa. En menor grado de afectación se encuentran los sitios Quebrada Cangrejos, Purral y Quebrada Tanques. Los cuales pese a estar en área urbana, se asocian a espacios que actualmente no han sido urbanizados.

En lo concerniente al área estimada para cada uno de los 11 sitios registrados en Goicoechea, se tiene que únicamente Curú, Quirós y Quebrada Tanques superan una hectárea (10.000 m²). El resto de sitios resultaron relativamente pequeños a criterio del investigador que hizo su registro y

deslinde. Para 4 de los sitios registrados no se tiene el dato de área estimada de dispersión de evidencia arqueológica.

El sitio con mayores de dimensiones es Curú (SJ-493 Cu), el cual según su ficha estándar de registro supera las 17 hectáreas. Su tamaño fue estimado en el año 1983 por investigadores de la Universidad de Costa Rica. El sitio desde su registro reportó afectaciones múltiples al recurso arqueológico que conservaba.

Si bien las coordenadas de referencia otorgadas al sitio Curú lo emplazan en una zona urbanizada (Crtm 05: 1.101.114 N - 496.661 E), información referida por vecinos del lugar señalan la presencia de restos arqueológicos en un terreno de aproximadamente 1,7 hectáreas ubicado al norte del Cementerio de Purral y sobre la margen sur de la Quebrada Mozotal, coordenadas de referencia Crtm 05: 496.917 E 1101267 N.

Tabla 4-5. Área estimada (m²) para sitios arqueológicos

Sitio arqueológico	Área estimada en m²
Curú	172.000
Diarmo	300
La Mora	400
Motorola	sin dato
La Pradera	110
Oasis	sin dato
Paja de Agua	sin dato
Purral	1.250
Quebrada Cangrejos	sin dato
Quebrada Tanques	11.000
Quirós	20.900

El segundo sitio en cuanto a dimensiones es Quirós (SJ-486 Qs), el cual (según la ficha estándar de registro), abarca un área de poco menos de 3 hectáreas. No obstante, las coordenadas de referencia del sitio (Crtm 05: 1.100.316 N - 495.261 E), lo emplazan en un área completamente urbanizada que supera las 3 hectáreas.

El tercer sitio en orden decreciente según área, es Quebrada Tanques (SJ-954 QT), el cual con poco más de una hectárea, se localiza al costado este del Liceo Salvador Umaña Castro (Crtm 05: 1.101.920 N - 497.780 E).

Parte del yacimiento al parecer se extiende sobre un terreno actualmente baldío y sin construcciones, que mide aproximadamente 0,75 hectáreas. Dicho lugar merece principal atención, al ser uno de los pocos espacios no urbanizados asociados a un sitio arqueológico dentro del cantón de Goicoechea.

El resto de sitios con datos de área estimada son: Diarmo, La Mora, La Pradera y Purral. Los primeros 3 registran áreas muy pequeñas menores a 1.500 m² y se ubican en zonas completamente urbanizadas. Estimándose una afectación severa e irreparable para los mismos.

Caso aparte es el sitio Purral (SJ-8 Pr), cuyas coordenadas (Crtm 05: 1.100.613 N 497.611 E), lo ubican dentro o al margen de una zona verde utilizada actualmente como plantación de árboles de ciprés.

Dicho terreno que alcanza aproximadamente 1,5 hectáreas (o 15.000 m²), merece principal atención pues podría conservar restos arqueológicos asociados al sitio Purral, el cual fue registrado por funcionarios del Museo Nacional de Costa Rica en el año 1987.

Sitios arqueológicos y uso actual del suelo

A continuación, se incorporan 11 figuras que ilustran las actuales condiciones de uso del suelo en los terrenos donde según las coordenadas Crtm 05 de la base "Orígenes" se ubican los 11 sitios arqueológicos registrados en el cantón de Goicoechea.

Las fotografías arrojan además una panorámica de los alrededores, pues en algunos casos las coordenadas de sitio lo ubicaban donde actualmente se encuentra una casa de habitación o una industria.



Sitio Curú (SJ-493 Cu)
 Distrito: Purral
 Coordenadas Crtm05: 1.101.114 N - 496.661 E
 Uso de suelo: construcciones

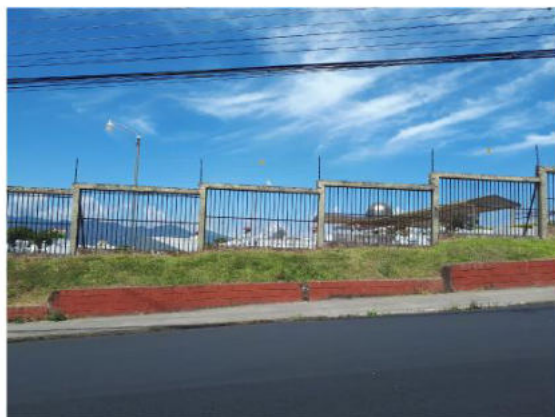


Figura 4-4. Sitio Curú

Nota: Según información recopilada entre los vecinos del lugar, un sector del sitio Curú (registrado en 1987 con clave: SJ-493 Cu), podría aún conservarse en un lote sin urbanizar de aproximadamente 2 hectáreas ubicado al norte del Cementerio de Purral, en las márgenes de la Quebrada Purral (ver Mapa de polígonos no construidos asociados a sitios).



Sitio Diarmo (SJ-179 Do)
Distrito: Ipís
Coordenadas Crtm05: 1.101.443 N - 495.934 E
Uso de suelo: construcciones



Figura 4-5. Sitio Diarmo

Nota: Según información recopilada entre los vecinos del lugar, un sector del sitio Curú (registrado en 1987 con clave: SJ-493 Cu), podría aún conservarse en un lote sin urbanizar de aproximadamente 2 hectáreas ubicado al norte del Cementerio de Purral, en las márgenes de la Quebrada Purral (ver Mapa de polígonos no construidos asociados a sitios).



Figura 4-6. Sitio La Mora

Nota: Sitio La Mora (clave: SJ-52 LM), según sus coordenadas de referencia hoy se emplaza en una zona absorbida por la huella urbana - industrial. Cerca del lugar se registra un pequeño parque arbolado. Se estima daño severo e irreversible al recurso arqueológico.



Sitio La Pradera (SJ-74 LP)
Distrito: Mata de Plátano
Coordenadas Crtm05: 1.100.465 N - 495.911 E
Uso de suelo: construcciones



Figura 4-7. Sitio La Pradera

Nota: Sitio La Pradera (clave: SJ-74 LP) registrado en el año 1992. Según sus coordenadas de referencia actualmente se emplaza en una zona absorbida por la huella urbana. Cerca del lugar se registra un pequeño parque infantil. Se estima daño severo e irreversible al recurso arqueológico.



Sitio Motorola (SJ-19 Mt)
Distrito: Calle Blancos
Coordenadas Crtm05: 1.099.569 N - 492.560 E
Uso de suelo: construcciones



Figura 4-8. Sitio Motorola

Nota: Sitio Motorola (clave: SJ-19 Mt) registrado en 1989. Según sus coordenadas de referencia actualmente se emplaza en una zona absorbida por la huella urbano-industrial. Se estima daño severo e irreversible al recurso arqueológico.



Sitio Oasis (SJ-97 Os)
 Distrito: Purral
 Coordenadas Crtm05: 1.101.611 N - 499.262 E
 Uso de suelo: construcciones



Figura 4-9. Sitio Oasis

Nota: Sitio Oasis (clave: SJ-97 Os) registrado en 1998. Según sus coordenadas de referencia actualmente se emplaza en una zona absorbida por la huella urbana. Aparentemente, parte del yacimiento se ubicaba en un terreno que alberga un predio y varias canchas deportivas. Se estima daño severo e irreversible al recurso arqueológico.



Figura 4-10. Sitio Paja de Agua

Nota: Sitio Paja de Agua (clave: SJ-495 PA) registrado en 1985. Según sus coordenadas de referencia actualmente se emplaza en un área rural de potreros y árboles dispersos. Durante la inspección del lugar se observó material arqueológico en superficie sobre un camino de finca. Se estima que el recurso arqueológico podría guardar un buen estado de conservación. (ver mapa: polígonos no construidos asociados a sitios).



Figura 4-11. Sitio Purral

Nota: Sitio Purral (clave: SJ-8 Pr), según sus coordenadas de referencia hoy se emplaza en área urbana. No obstante, el sitio al parecer se emplaza en un terreno dedicado al cultivo de árboles de ciprés. Se estima un área de potencial arqueológico de aproximadamente 1,5 hectáreas (ver mapa: polígonos no construidos asociados a sitios).



Sitio Quebrada Tanques (SJ-954 QT)
 Distrito: Ipís
 Coordenadas Crtm05: 1.101.920 N - 497.780 E
 Uso de suelo: construcciones y zona verde



Figura 4-12. Sitio Quebrada Tanques

Nota: Sitio Quebrada Tanques (clave: SJ-954 QT) registrado en 2017. Según sus coordenadas de referencia se emplaza al costado este del Liceo Salvador Umaña Castro. Actualmente es de los pocos sitios arqueológicos del cantón de Goicoechea asociado a un terreno sin urbanizar, aunque las observaciones de campo anticipan una fuerte erosión del mismo (ver mapa: polígonos no construidos asociados a sitios).



Sitio Quebrada Cangrejos (SJ-1 QC)
 Distrito: San Francisco
 Coordenadas Crtm05: 1.099.469 N - 491.910 E
 Uso de suelo: construcciones y zona verde



Figura 4-13. Sitio Quebrada Cangrejos

Nota: Sitio Quebrada Cangrejos (clave: SJ-495 PA) registrado en 1974. Según sus coordenadas de referencia se emplaza en la margen de Quebrada Cangrejos. Actualmente el lugar registra infraestructura y zonas no construidas dedicadas al parqueo de vehículos. Es el único yacimiento Paleoindio (10.000-8.000 a.C.) registrado dentro del cantón de Goicoechea. Se define un polígono asociado al sitio de 0,52 hectáreas (ver mapa: polígonos no construidos asociados a sitios).



Figura 4-14. Sitio Quirós

Nota: Sitio Quirós (clave: SJ-486 Qs) registrado en 1973. Según sus coordenadas de referencia actualmente se emplaza en una zona absorbida por la huella urbana. Solamente se registra un pequeño parque de juegos en sus cercanías. Se estima daño severo e irreversible al recurso arqueológico.

Manejo de sitios arqueológicos

El levantamiento de información de campo permitió establecer que el crecimiento urbano impactó negativamente a más de la mitad de los sitios arqueológicos, que desde la década de los 70's han sido registrados en el cantón de Goicoechea.

Los sitios impactados por el crecimiento urbano son: Diarmo, La Mora, Motorola, La Pradera, Oasis y Quirós. Éstos 6 sitios arqueológicos se ubican en los distritos: Ipís, Purral, Calle Blancos, Mata de Plátano, Purral y Guadalupe respectivamente.

Se considera que para efectos del Plan Regulador Cantonal Goicoechea la presencia de estos sitios arqueológicos en el cruce de coordenadas (Proyección Crtm 05) señaladas en este documento, no restringen el uso del suelo ni conlleva una condición especial de manejo.

El impacto de la huella urbana sobre el registro arqueológico para los 6 sitios arqueológicos arriba señalados, se considera severo e irreversible. No obstante, como antecedente de la historia sociocultural del cantón de Goicoechea, su ubicación geográfica debe mantenerse consignada en la planimetría del Plan Regulador Cantonal.

Por su parte, las localidades que ocupan los sitios: Curú (distrito Purral), Paja de Agua (distrito Mata de Plátano), Purral (distrito Mata de Plátano), Quebrada Cangrejos (distrito San Francisco) y Quebrada Tanques (distrito Ipís) merecen un estatus distinto en lo referente al uso del suelo.

Se considera que, para los 5 sitios arriba mencionados, existe la posibilidad de registrar recurso arqueológico de regular a bien conservado. A continuación, el detalle:

Sitio Curú (SJ-493 Cu)

Se registran zonas no urbanizadas en las inmediaciones del área donde se ubicó el sitio. Según información de vecinos de la zona, en un polígono de aproximadamente 1,7 hectáreas ubicado al costado norte del Cementerio de Purral de Guadalupe, se registra evidencia arqueológica a nivel de superficie.

Por lo tanto, de requerir realizar movimientos de tierra en el lugar, debe previamente realizarse una Inspección Arqueológica Rápida (D-1 SETENA).

Sitio Paja de Agua (SJ-495 PA)

Este sitio se ubica en una zona rural del distrito Mata de Plátano. Actualmente el área alberga potreros con árboles dispersos y la infraestructura se limita a pocas viviendas aisladas y una lechería. Se estima que el sitio podría ocupar un polígono de 4,6 hectáreas.

Por lo tanto, de requerir realizar movimientos de tierra en el lugar, debe previamente realizarse una Inspección Arqueológica Rápida (D-1 SETENA).

Sitio Purral (SJ-8 Pr)

Las coordenadas de referencia ubican al sitio en un área que si bien está urbanizada, mantiene zonas verdes sin construir. En virtud de lo anterior se estima un polígono de aproximadamente 1,5 hectáreas con potencial arqueológico. Actualmente en dicho polígono se registra una plantación de árboles de ciprés.

Por lo tanto, de requerir realizar movimientos de tierra en el lugar, debe previamente realizarse una Inspección Arqueológica Rápida (D-1 SETENA).

Sitio Quebrada Cangrejos (SJ-1 QC)

De este sitio detectado en 1974 se tiene poca información, se tiene por el único yacimiento con restos faunísticos asociado al Período Paleoindio (10.000-8.000 a.C.).

En principio la evidencia se registró en las márgenes de la Quebrada Cangrejos. Actualmente se puede establecer un polígono de aproximadamente 0,5 hectáreas sin construcciones que se utilizan como parqueo de vehículos.

Por lo tanto, de requerir realizar movimientos de tierra en el lugar, debe previamente realizarse una Inspección Arqueológica Rápida (D-1 SETENA).

Sitio Quebrada Tanques (SJ-954 QT)

Es el registro de sitio más reciente para el cantón (año 2017). Las coordenadas de referencia lo ubican en un terreno anexo al Liceo Salvador Umaña Castro. Los datos de campo permiten establecer que el terreno ha sufrido una fuerte erosión, no obstante, la ausencia de construcciones en un polígono de aproximadamente 0,7 hectáreas, permite presumir la presencia de recurso arqueológico en regular estado de conservación.

Por lo tanto, de requerir realizar movimientos de tierra en el lugar, debe previamente realizarse una Inspección Arqueológica Rápida (D-1 SETENA).

Recomendaciones generales de manejo

Como norma general para el manejo de bienes arqueológicos durante la formulación y aplicación del Plan Regulador Cantonal, deben acatarse dos principios fundamentales:

1. La Base "Orígenes" de Sitios Arqueológicos administrada por el Departamento de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica, anota únicamente los sitios arqueológicos registrados por investigadores; y no los sitios arqueológicos existentes.

Por tanto, al ser una base de datos en constante construcción, la misma no incluye la totalidad de sitios arqueológicos que potencialmente pueden emplazarse dentro de los límites político-administrativos del cantón de Goicoechea.

2. Como mecanismo general para salvaguardar y conservar el patrimonio arqueológico del cantón de Goicoechea, deberán realizarse estudios arqueológicos previos para proyectos constructivos con áreas mayores a 1.000 m² y que involucren movimientos de tierra (Inspección, Evaluación y/o Rescate Arqueológico, según corresponda).

Lo anterior en concordancia con la legislación y normativa establecida por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental SETENA (Decreto Ejecutivo Nº 327122 Elaboración del Estudio Arqueológico Rápido del Terreno para el Área de Proyecto).

4.1.6. Patrimonio histórico- arquitectónico

Para el mes de marzo del año 2020, en el cantón de Goicoechea se registró un total de 12 inmuebles con declaratoria patrimonial, con publicación en el diario oficial La Gaceta. La Tabla 4.6. señala nombre, época constructiva, distrito y coordenadas (Crtm 05) de los inmuebles patrimoniales. La Tabla 4.7. anota el Decreto Ejecutivo de la declaratoria patrimonial, el propietario y el estilo constructivo o influencia arquitectónica representada en el inmueble.

Tabla 4-6. Inventario de inmuebles histórico-arquitectónicos

N°	Nombre del inmueble	Época constructiva	Distrito	Coordenadas Crtm05
1	Escuela Dr. Ferraz	1932 - 1936	Calle Blancos	1.099.437 N 492.582 E
2	Antigua Capilla Hospicio Dr. Carlos María Ulloa	1851-1900	Guadalupe	1.099.169 N 492.874 E
3	Antiguo Centro de Adaptación Social	1925-1927	Guadalupe	1.099.705 N 493.828 E
4	Antiguo Edificio Escuela de Enseñanza Especial Fernando Centeno Güell	1901-1950	Guadalupe	1.099.577 N 493.671 E
5	Casa de la Cultura del Este	1901-1950	Guadalupe	1.099.398 N 493.488 E
6	Casa José Joaquín Jiménez Núñez	1901-1950	Guadalupe	1.099.963 N 494.404 E
7	Casa Ricardo Jiménez Núñez	1901-1950	Guadalupe	1.099.985 N 494.309 E
8	Escuela Pilar Jiménez	1901-1950	Guadalupe	1.100.108 N 493.950 E
9	Templo Bautista	1951-2000	Guadalupe	1.099.895 N 494.380 E
10	Casona de Viguetas	1901-1950	Mata de Plátano	1.100.781 N 502.389 E
11	Templo Católico Nuestra Señora de El Carmen	1930-1935	Mata de Plátano	1.100.662 N 498.307 E
12	Templo Católico San Francisco	1901-1950	San Francisco	1.099.235 N 492.072 E

Fuente: <http://www.patrimonio.go.cr/busqueda/ResultadoBusquedaInmuebles.aspx>, consulta: marzo, 2020.

Tabla 4-7. Nombre, decreto, propietario y estilo constructivo del inmueble

N°	Nombre del inmueble	Declaratoria a Nº Decreto	Propietario / Estilo constructivo
1	Escuela Dr. Ferraz	20627-C	Ministerio de Educación Pública
2	Antigua Capilla Hospicio Dr. Carlos María Ulloa	27425-C	Asociación Hogar Carlos María Ulloa. / Neoclásico
3	Antiguo Centro de Adaptación Social Amparo Zeledón	13021-C	Municipalidad del cantón de Goicoechea y Ministerio de Justicia / Monástico
4	Antiguo Edificio Escuela de Enseñanza Especial Fernando Centeno Güell	20628-C	Administrativa del Centro Escolar / Victoriano
5	Casa de la Cultura del Este	29536-C	Ministerio de Agricultura y Ganadería, en posesión del Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes
6	Casa José Joaquín Jiménez Núñez	30982-C	Familia Antillón, Jiménez y otros / Victoriano
7	Casa Ricardo Jiménez Núñez	30981-C	Familia Jiménez / Victoriano
8	Escuela Pilar Jiménez	20626-C	Ministerio de Educación Pública
9	Templo Bautista	27617-C	Asociación Iglesia Bautista de Guadalupe / influencia dórica
10	Casona de Viguetas	32494-MCJD	CUBERALDE S.A. / Sistema de Viguetas o Trozas
11	Templo Católico Nuestra Señora de El Carmen	28848-C	Temporalidades de la Arquidiócesis de San José / Romana - Barroco
12	Templo Católico San Francisco "Iglesia de Ladrillo"	33341-C	Temporalidades de la Arquidiócesis de San José / Mudéjar

Fuente: <http://www.patrimonio.go.cr/busqueda/ResultadoBusquedaInmuebles.aspx>, consulta: marzo, 2020.

Seguidamente se ilustran los 12 inmuebles con declaratoria patrimonial. El Mapa 4.1-5 muestra la ubicación de los sitios declarados patrimonio arquitectónico del cantón de Goicoechea.



Inmueble Escuela Dr. Ferraz
Época 1932 - 1936
Distrito Calle Blancos
Coordenadas Crtm05: 1.099.437 N - 492.582 E



Inmueble Antigua Capilla Hospicio Dr. Carlos María Ulloa
Época 1851-1900
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.099.169 N - 492.874 E



Figura 4-15. Inmueble Dr. Ferraz y antigua capilla Hospicio Dr. Carlos María Ulloa



Inmueble Antiguo Centro de Adaptación Social
Época 1925-1927
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.099.705 N - 493.828 E



Inmueble Antiguo Edificio Escuela de Enseñanza Especial Centeno Güell
Época 1901-1950
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.099.577 N - 493.671 E

Figura 4-16. Antiguo Centro de Adaptación Social y antiguo edificio Escuela de Enseñanza Especial Centeno Güell



Inmueble Casa de la Cultura del Este
Época 1901-1950
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.099.398 N - 493.488 E



Inmueble Casa José Joaquín Jiménez Núñez
Época 1901-1950
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.099.963 N - 494.404 E

Figura 4-17. Casa de la Cultura del Este y casa José Joaquín Jiménez Núñez



Inmueble Casa Ricardo Jiménez Núñez
Época 1901-1950
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.099.985 N - 494.309 E



Inmueble Escuela Pilar Jiménez
Época 1901-1950
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.100.108 N - 493.950

Figura 4-18. Casa Ricardo Jiménez Núñez y escuela Pilar Jiménez



Inmueble Templo Bautista
Época 1951-2000
Distrito Guadalupe
Coordenadas Crtm05: 1.099.895 N - 494.380 E



Inmueble Casona de Viguetas
Época 1901-1950
Distrito Mata de Plátano
Coordenadas Crtm05: 1.100.781 N - 502.389 E

Figura 4-19. Templo Bautista y casona de viguetas



Inmueble Templo Católico Nuestra Señora de El Carmen
Época 1930-1935
Distrito Mata de Plátano
Coordenadas Crtm05: 1.100.662 N - 498.307 E



Inmueble Templo Católico San Francisco
Época 1901-1950
Distrito San Francisco
Coordenadas Crtm05: 1.099.235 N - 492.072 E

Figura 4-20. Templo católico Nuestra Señora de El Carmen y templo católico San Francisco

Manejo de bienes patrimoniales

La condición legal de los bienes inmuebles declarados como reliquias de interés arquitectónico e histórico prohíbe cualquier remodelación o demolición total o parcial del citado inmueble, sin la autorización previa del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural, del Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes.

La declaratoria patrimonial se fundamenta en el artículo 25.1 de la Ley General de la Administración Pública, y la Ley Nº 7555 del 4 de octubre de 1995, publicada en La Gaceta Nº 199 del 20 de octubre del año 1995.

Todos los bienes declarados como patrimonio dentro del cantón de Goicoechea están sujetos a los términos de los Artículos 1º, 2º y 3º de la Ley Nº 5397, concerniente a la protección del patrimonio cultural de la nación.

Finalmente, es importante señalar que el mantenimiento y protección de los bienes con declaratoria patrimonial publicada es responsabilidad de distintas instituciones, entre ellas: la Municipalidad del cantón de Goicoechea y el Ministerio de Justicia y Ministerio de Educación Pública. Contarán con la asesoría técnica del Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes, Departamento de Patrimonio Histórico.

Referencias

- AGUILAR, C. 1972a. *Guayabo de Turrialba*. Editorial Costa Rica, San José.
- _____ 1972b. *Contribución al estudio de las secuencias culturales en el área central de Costa Rica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- _____ 1973. Contribution to the study of cultural sequences in the central area of Costa Rica. En: *Cultural Continuity in Mesoamerica*. D. Browman, editor. The Hague, Mouton.
- _____ 1974. Asentamientos indígenas en el área central de Costa Rica. En: *América Indígena* XXXIV(2): 312-31.
- _____ 1975. El Molino: un sitio de la fase Pavas en Cartago. En: *Vínculos* 1: 18-56.
- _____ 1976. Relaciones de las culturas precolombinas en el Intermontano Central de Costa Rica. En: *Vínculos* 2 (1): 75-86.
- ARIAS, A. Y S. CHÁVEZ. 1985. *Ubicación espacio-temporal de los sitios catalogados y registrados en el Valle Central por el Laboratorio de Arqueología de Universidad de Costa Rica*. Tesis inédita de Licenciatura. Escuela de Antropología, Universidad de Costa Rica.
- CORRALES, F. 1999. *Verbena (SJ-83 Vb): un sitio de la fase Barva en San Felipe de Alajuelita*. Manuscrito. Departamento de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica, San José.

- _____. 2000. Más de diez mil años de historia precolombina. En: *Costa Rica. Desde las sociedades autóctonas hasta 1914*. Ana María Botey Sobrado, editora. Pg. 25-66. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- FONSECA, O. 1992. Historia antigua de Costa Rica: surgimiento y caracterización de la primera civilización costarricense. En: *Colección Historia de Costa Rica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José.
- GIANOTTI, CAMILA, J. MARTIN DABEZIES y MARÍA CACHEDA. (2007) *Bases para la gestión del patrimonio arqueológico dentro del área protegida Cerro Verde*. Laboratorio de Patrimonio. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- GUTIÉRREZ, MARITZA. 1986. Interpretaciones preliminares de los rasgos “Tumbas de Botella” del sitio CENADA: Intermontano Central. En: *Journal of the Steward Anthropological Society* 14 (1-2): 255-268.
- HARTMAN, C. 1901. *Archaeological research in Costa Rica*. The Royal Ethnographical Museum in Stockholm.
- HERRERA A. 2019. Plan de gestión integral del patrimonio arqueológico del cantón de La Cruz Proyecto Apropriación Positiva del Patrimonio Arqueológico del Cantón de La Cruz B6A45. Vicerrectoría de Acción Social Universidad de Costa Rica.
- KENNEDY, W. 1968. *Archaeological investigations in the Reventazón river drainage area, Costa Rica*. Tesis inédita de Doctorado (Ph.D.) Tulane University, New Orleans.
- LEÓN, M. 2000. *Conociendo a la gente pavas: rescate sitio finca Mayorga (H-53-FM), sector de los cafetos la Aurora, Heredia*. Informe de campo. Museo Nacional de Costa Rica, San José.
- _____. 2007. Reporte de una punta de lanza paleoamericana “cola de pez” en la Virgen de Sarapiquí, Costa Rica. En: *Vínculos* 30 (1-2): 147-154.
- LEÓN, M. Y S. SALGADO. 2002. Los desarrollos sociales de la Fase Pavas (300 a.C.-300 d.C.) en el sector occidental del valle Central. *Vínculos* 27 (1-2): 1-17.
- MURILLO, M. 2009. *Social change in pre-columbian San Ramón de Alajuela, Costa Rica, and its relation with adjacent regions*. Tesis inédita de Doctorado (Ph.D.) University of Pittsburgh.
- _____. 2008. *Cambio social en la historia antigua de San Ramón de Alajuela, Costa Rica y su relación con regiones adyacentes*. Memoria del II Congreso Latinoamericano de Antropología. San José, Costa Rica.
- MUSEO NACIONAL DE COSTA RICA. 2020. Base de Datos "Orígenes" de Sitios Arqueológicos, administrada por el Museo Nacional de Costa Rica. Consultado en Línea: <http://origenes.museocostarica.go.cr/index.aspx>

- REYES, E. 2008. *Una aproximación a los diseños de la cerámica del período Formativo en Costa Rica desde la semiótica de la cultura*. Tesis inédita de Licenciatura. Escuela de Antropología, Universidad de Costa Rica.
- SALGADO, S., HIDALGO y SOLÍS. 2000. *Informe Final Proyecto Arqueológico Carretera Ciudad Colón-Orotina*. Consejo Nacional de Concesiones. San José, Costa Rica.
- SHEETS, P. 1994. Percepción remota y exploraciones geofísicas aplicadas a la arqueología en áreas volcánicas activas de Costa Rica y El Salvador. En: *Vínculos* 18-19 (1-2): 31-54.
- SKIRBOLL, E. 1981. *The transitional period in the Central Highlands of the Costa Rica: an analysis of the pottery from the Curridabat and Concepción sites*. Tesis inédita de Doctorado (Ph.D.) University of Pittsburgh.
- SNARSKIS, M. 1977. Turrialba (9-FT-T), un sitio paleoindio en el este de Costa Rica. En: *Vínculos* 3 (1-2):13-25.
- _____. 1978. *The Archaeology of the Central Atlantic Watershed of Costa Rica*. Tesis inédita de Doctorado (Ph.D.) Department of Anthropology, Columbia University, New York.
- _____. 1981. Casas precolombinas en Costa Rica: una vista diacrónica. Actas Noveno Congreso Internacional para el Estudio de las Culturas Precolombinas de las Antillas Menores. Centre de Recherches Université de Montreal.
- _____. 1982. *La cerámica pre-colombina de Costa Rica*. Instituto Nacional de Seguros, San José, Costa Rica.
- _____. 1984. Central America: the Lower Caribbean. En: *The Archaeology of Lower Central America*. F. Lange y D. Stone, editores. University of New México Press, Albuquerque. Pgs. 195-232.
- _____. 1992. Wealth and hierarchy in the archaeology of Eastern and central Costa Rica. En: *Wealth and hierarchy in the Intermediate Area: a symposium at Dumbarton Oaks*. Frederik Lange, editor. Dumbarton Oaks Research Library and collection, Washington D.C. Pgs. 141-163.
- _____. 2000. La Costa Rica precolombina. En: *Artes de los pueblos precolombinos de la América Central*. Museu Barbier-Mueller, Barcelona. Pgs. 67-113.

4.1.7. Áreas de potencial ocupación a corto (0 a 3 años) y mediano (3-10 años) plazo

De acuerdo con el decreto, estos sectores son las áreas de desarrollo futuro de corto (0 a 3 años) y mediano plazo (3 a 10 años) desde el punto de vista urbano, que estén registradas en algún documento oficial de la municipalidad o de alguna otra autoridad nacional.

La identificación de áreas de potencial ocupación corresponde a un ejercicio de escenarios prospectivos de crecimiento, fundamentalmente urbano.

A partir de ello, se considera que todo el crecimiento urbano futuro va a ocurrir en las áreas designadas por el plan regulador. La pregunta fundamental, a partir de ello, es: ¿qué parte del área disponible será desarrollada a corto plazo y qué parte a mediano plazo? Estas preguntas, a su vez, fueron resueltas mediante la aplicación de principios fundamentales de planificación simulados mediante sistemas de información geográfica:

- El plan regulador en Costa Rica es un instrumento de corto plazo, por lo cual se espera que toda el área prevista para desarrollo sea ocupada en los próximos diez años. Dado el carácter de corto plazo y la ausencia de una gran demanda insatisfecha, es de esperar que el área sea ocupada gradualmente (esto es, linealmente en el tiempo).
- En un mercado en equilibrio (espacial), los agentes urbanos ocupan el área más deseable (de mejores características) primero y el área menos deseable después. La variable central, de acuerdo con la teoría, que determina la calidad de la tierra es el acceso a centralidades urbanas existentes.

El cantón de Goicoechea se encuentra muy urbanizado en las zonas permitidas por el plan regulador vigente y por el plan regulador propuesto por lo que las zonas disponibles para potencial ocupación humana futura es relativamente escasa. Luego de analizar en el catastro municipal las zonas disponibles para desarrollo urbano y las tendencias de crecimiento reciente en el cantón, se determinó que las zonas de crecimiento a corto plazo son aquellas zonas desocupadas que ya se encuentran fraccionadas en tamaños pequeños para el desarrollo residencial, ya que estos lotes pueden desarrollarse relativamente rápido (menos de 3 años). Los lotes de mayor tamaño deben ser fraccionados o desarrollados en condominio, como lo muestran las tendencias de urbanización en el cantón, por lo que se considera que dichos desarrollos se realizaran a mediano plazo. El Mapa 4.1-6 muestra las áreas de potencial ocupación a corto y mediano plazo para el cantón de Goicoechea.

A continuación, se incluye un diagrama resumen del procedimiento de cálculo descrito anteriormente para el IFA antropométrico uso del suelo.

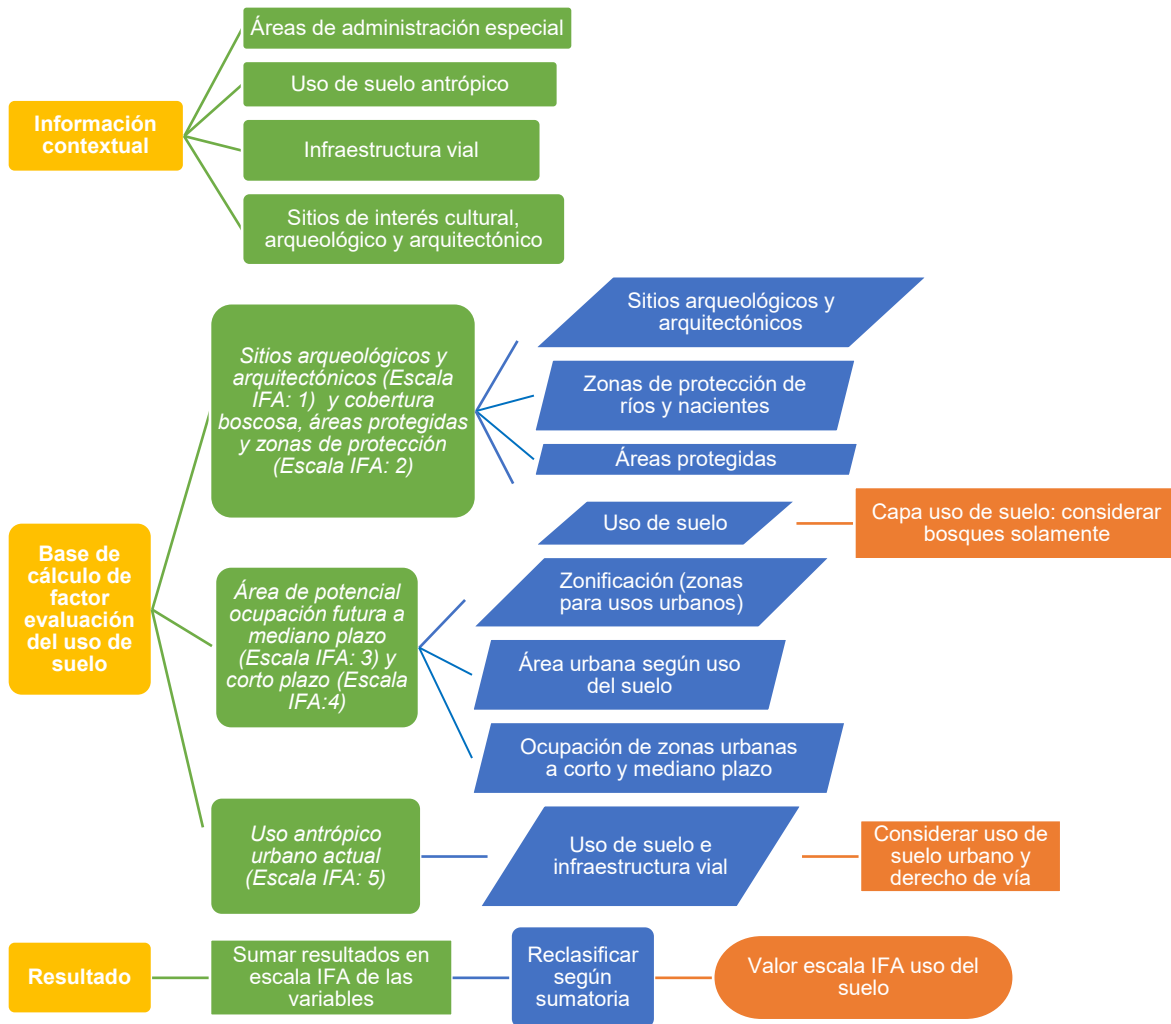


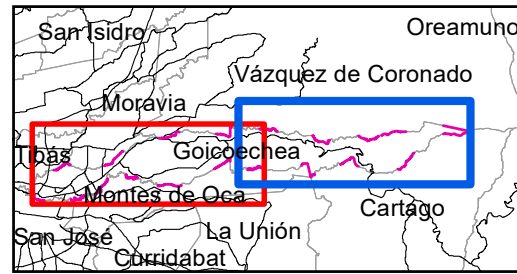
Figura 4-21. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA antropaptitud uso del suelo

Limitaciones y potencialidades técnicas

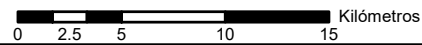
La siguiente tabla muestra las limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA de Uso Antrópico.

Tabla 4-8. Limitaciones y potencialidades técnicas del IFA antropopaptitud- uso del suelo Antrópico.

IFA	Limitaciones	Potencialidades
1	<p>Son las áreas de patrimonio arqueológico y arquitectónico. Son las zonas más valiosas y, por lo tanto, las que deben recibir los mayores niveles de protección. Particularmente para los sitios arqueológicos sitios Curú (distrito Purral), Paja de Agua (distrito Mata de Plátano), Purral (distrito Mata de Plátano), Quebrada Cangrejos (distrito San Francisco) y Quebrada Tanques (distrito Ipís) debe exigirse la elaboración del Estudio Arqueológico Rápido del Terreno para el Área de Proyecto según el Decreto Ejecutivo Nº 327122. Los bienes inmuebles declarados como reliquias de interés arquitectónico e histórico no pueden ser remodelados o demolidos total o parcialmente, sin la autorización previa del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural</p>	<p>Potencial para el desarrollo de actividades turísticas y recreativas, y servicios ambientales.</p>
2	<p>En las zonas de protección de ríos y nacientes se prohíben las construcciones según la Ley Forestal y la Ley de Aguas</p>	<p>Protección de recursos naturales</p>
3		<p>Espacios de reserva para el desarrollo urbano futuro con las condiciones físicas adecuadas. Se pueden dar usos como vivienda de baja densidad, comercio pequeño, comunal, recreativo, hospedaje, agropecuario, almacenamiento inocuo, educacional básico, cementerios, entre otros.</p>
4		<p>Zonas que pueden ser utilizadas para absorber el crecimiento urbano en el corto plazo con menor impacto sobre el ambiente. Se pueden dar usos asociados a actividades urbanas como servicios, vivienda, comercio, entretenimiento, cultural, deportivo, educacional, investigación, cementerio, telecomunicaciones, salud, hospedaje, industria, entre otros.</p>
5		<p>Zonas urbanas desarrolladas, aptas para la densificación.</p>



Escala del recuadro general 1:364 859

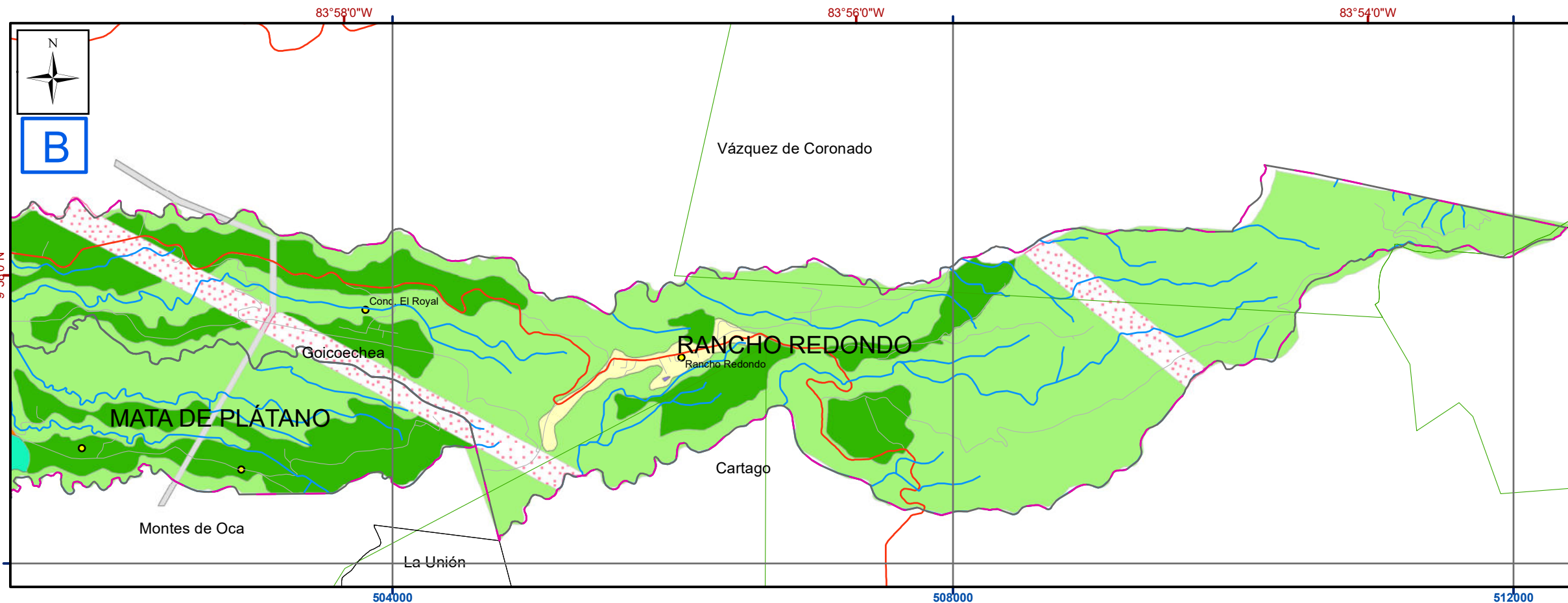
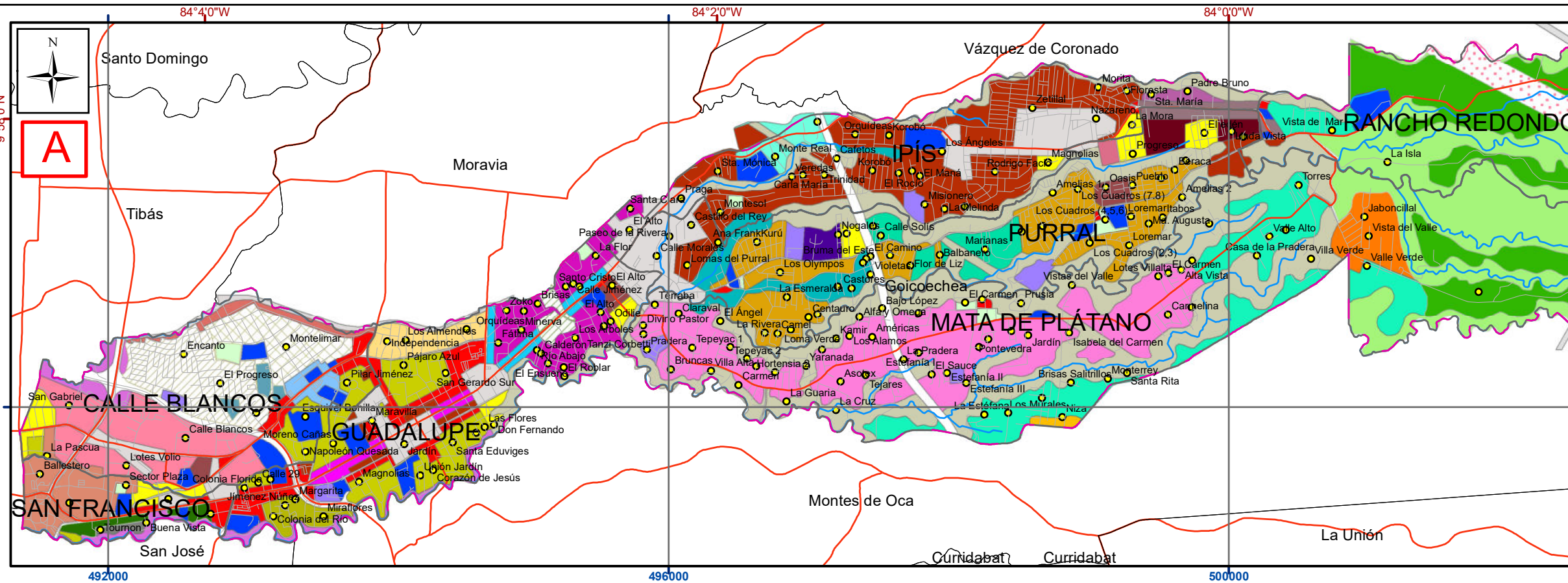


Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

PRactual_Zonificación

- Zona de Comercio General (ZCG)
- Zona Rural Agropecuaria (ZRuA)
- Zona de Cautela Ecológica (ZCE)
- Áreas verdes (AV)
- Microzona industrial Árboles (MI-A)
- Subzona Torres de San Francisco (SZTSF)
- Subzona Residencial Calle Blancos Este (SZCB-E)
- Subzona Residencial Calle Blancos Oeste (SZCB-O)
- Zona Residencial Colonia del Río Miraflores (ZRCo)
- Zona Residencial Central (ZR-C)
- Subzona de Cautela Urbana Este (SZCU-E)
- Zona de Renovación Independencia (ZRU-IND)
- Subzona Salitrillos (SZ-SAL)
- Zona Comercial Residencial Industrial (ZC-RI)
- Zona Localidad Rancho Redondo (ZRR)
- Zona Rural Agropecuaria Inmediata (ZRA-I)
- Microzona industrial Tanques (MI-T)
- Microzona industrial Montelimar (MI-M)
- Microzona industrial Purral (MI-P)
- Zona de falla
- Subzona Ipiés 1 (SZ-IPIS1)
- Subzona Ipiés 2 (SZ-IPIS2)
- Subzona Ipiés 3 (SZ-IPIS3)
- Subzona de Cautela Urbana -Áreas Densas (SZCU-AD)
- Zona de Comercio Central (ZCC)
- Zona de Cementerios (Z-CEM)
- Subzona de Vistas del Valle (SZV-V)
- Zona de Estacionamientos (ZE)
- Zona de Distrito Financiero (ZDF)
- Zona Industrial Calle Blancos (ZI-CB)
- Zona de la Corte (Z-CORTE)
- Zona Industrial Ipiés (ZI-IPIS)
- Zona Residencial Mata de Plátano (ZRMP)
- Zona Residencial El Alto (ZR-ALTO)
- Zona de Control Especial (ZCO-ESP)
- Zona de Comercio y Servicios al Automovilista (ZCSA)
- Microzona Industrial Central (ZI-CENTRO)
- Zona de Usos Públicos e Institucionales (ZUPI)
- Zona Residencial Ipiés (ZR-IPIS)
- Zona Residencial Purral (ZR-PURRAL)
- Zona Residencial Borde del Boulevard (ZRBB)
- Zona de Talleres (ZT)
- Zona de Renovación Urbana (ZRU)
- Tendido eléctrico
- Subzona de Transición (SZTRT)

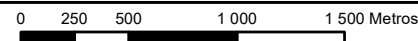


Mapa 4.1-1. Antropoaptitud. Zonificación Vigente. Cantón de Goicoechea

Plan Regulador Cantonal de Goicoechea

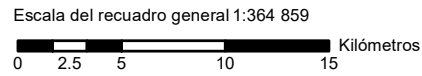
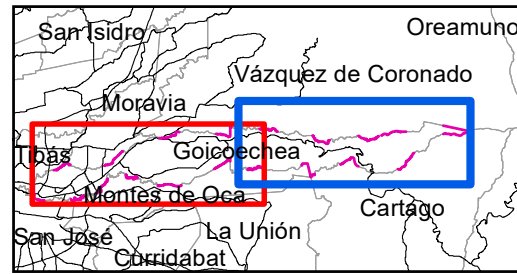
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT;
SNIT 1:25.000,
SNIT-CENIGA 2019;
ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Ph.D. Jonathan
Agüero Valverde

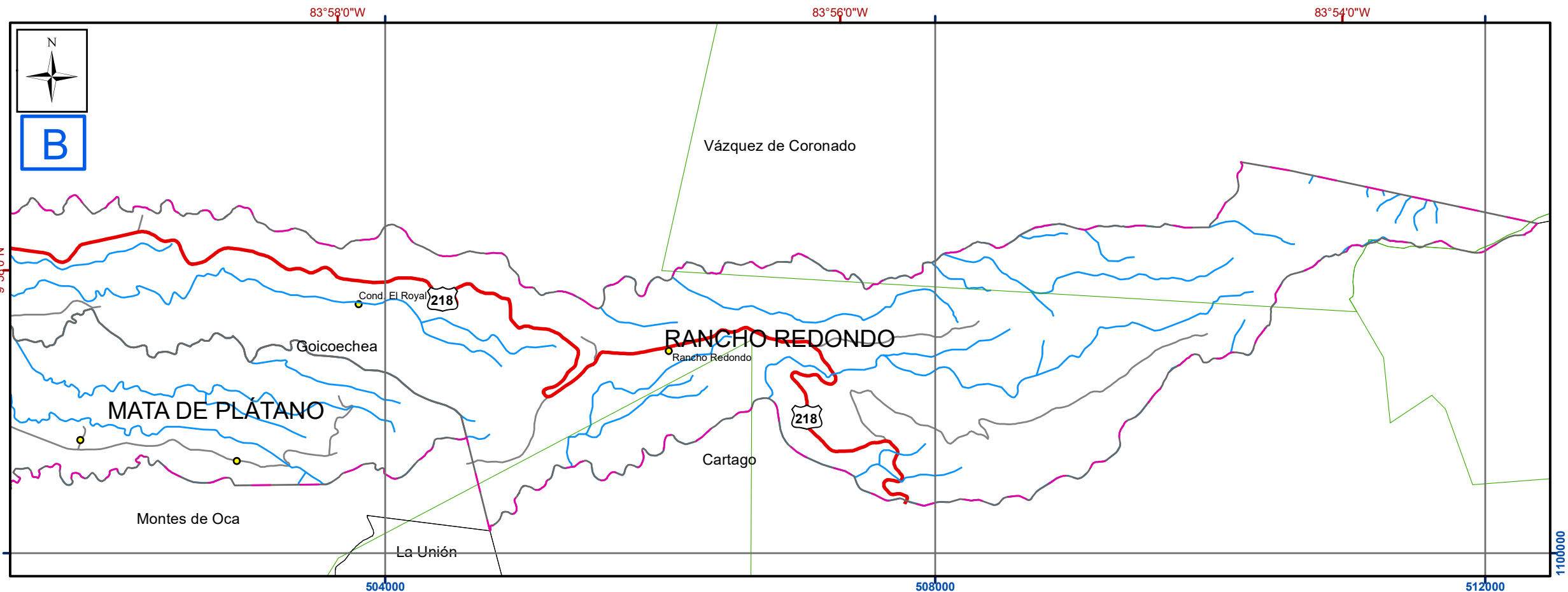
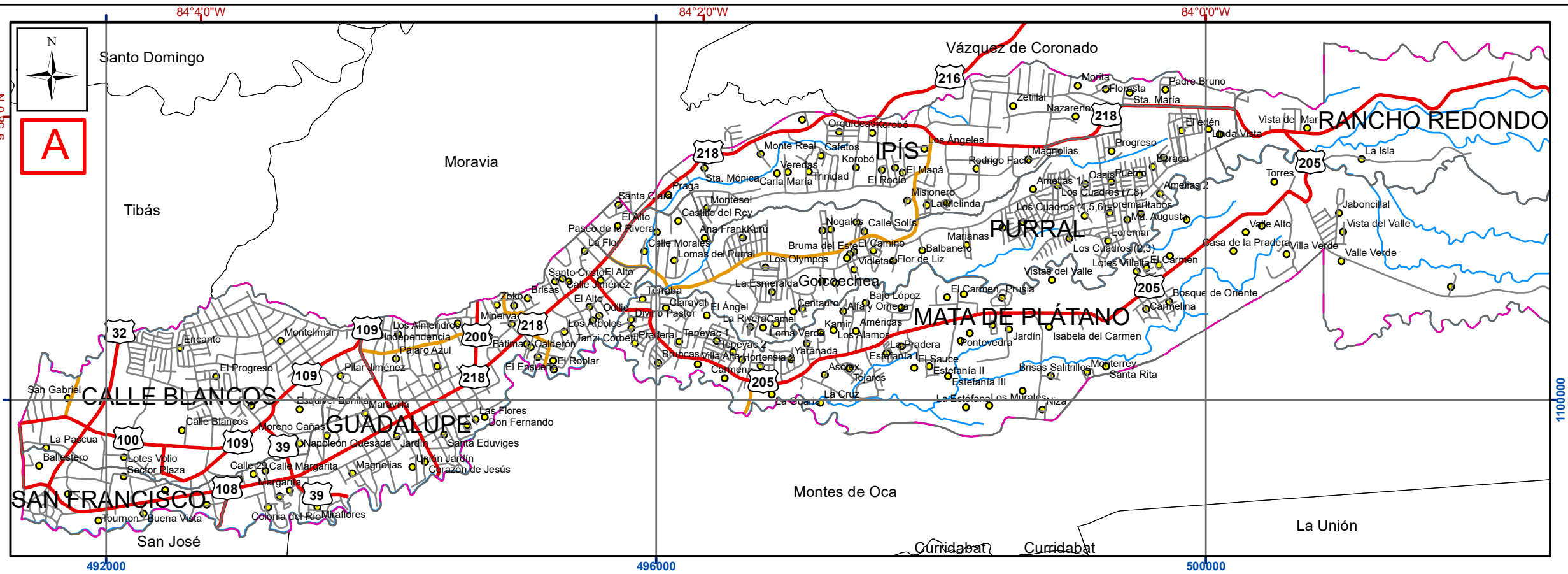


Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



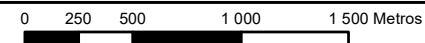
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Carreteras nacionales
- Carretera cantonal
- Carretera de travesía
- Poblados

Mapa 4.1-2. Antropoaptitud. Infraestructura Vial. Cantón de Goicoechea

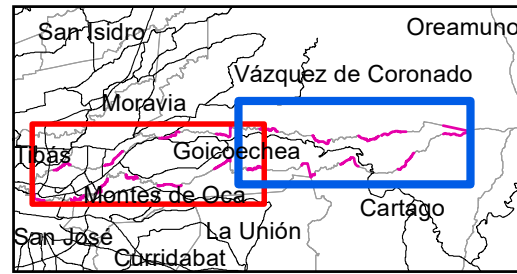
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Ph.D. Jonathan Agüero Valverde



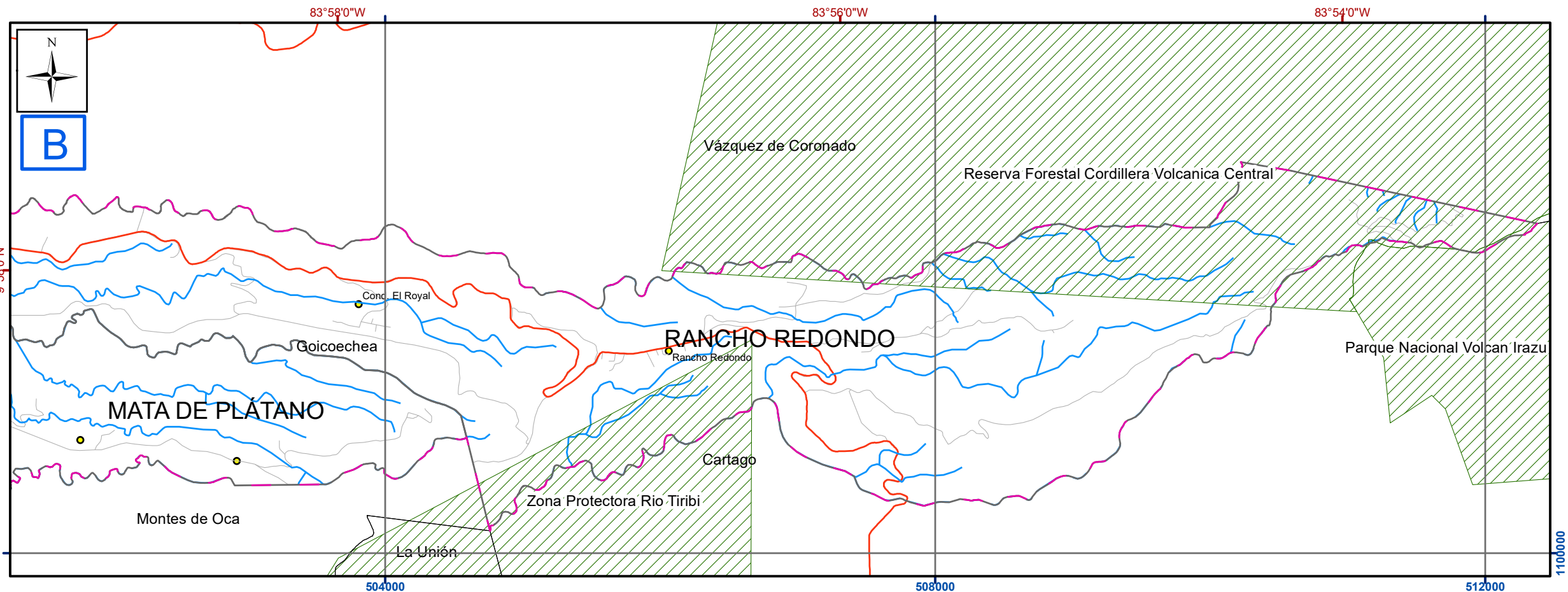
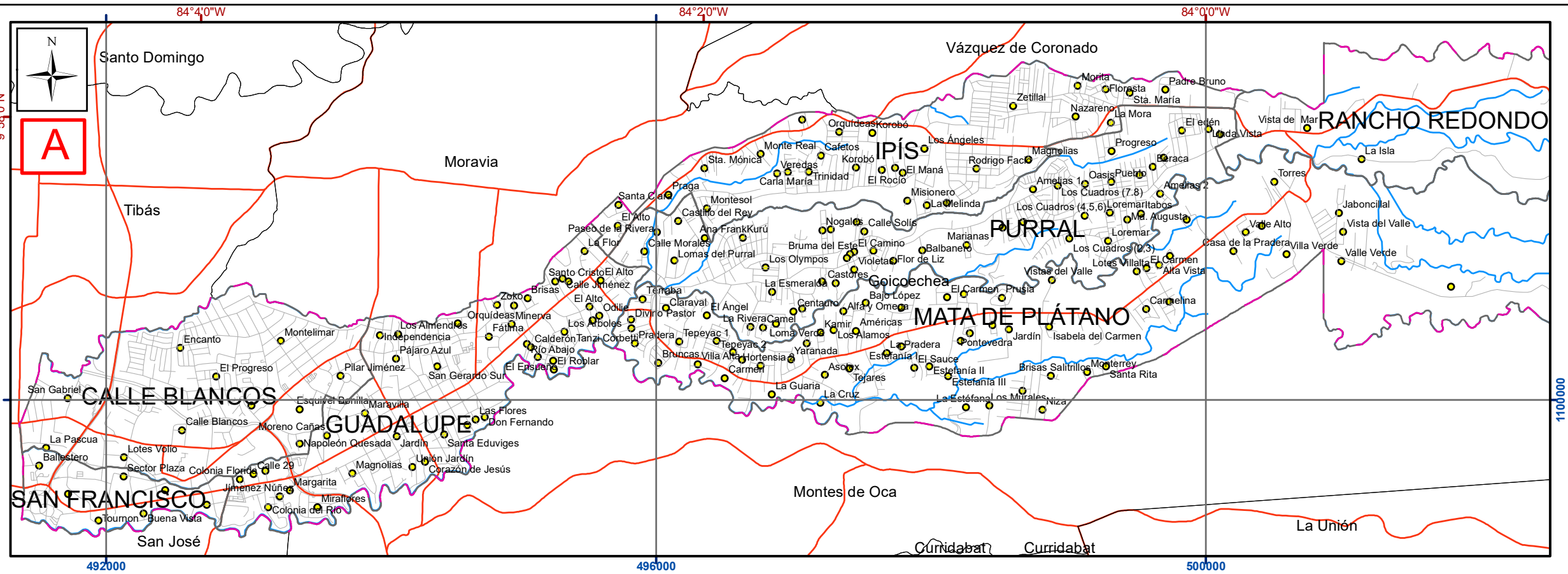
Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- Área Silvestre Protegida
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

Mapa 4.1-3. Antropoaptitud. Áreas Silvestres Protegidas. Cantón de Goicoechea

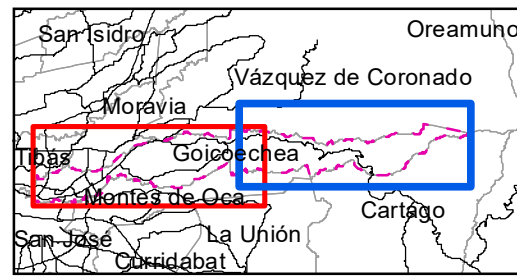
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Ph.D. Jonathan Agüero Valverde

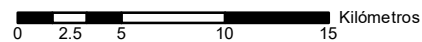
0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859



Simbología

— Zona de estudio (Cantón Goicoechea)

□ Limite distrital

□ Cantones

▨ Área Silvestre Protegida

— Ríos

— Red Vial Nacional

— Carreteras municipales

● Poblados

Uso de suelo

□ Residencial

□ Industrial

□ Comercial y servicios diversos

□ Educación y cultura

□ Otros servicios urbanos

□ Gubernamental o público

□ Transporte y almacenaje

□ Salud y bienestar

□ Parque y zona verde

□ Deporte y recreación

□ Cementerio

□ Curso fluvial

□ Bosque

□ Pastos

▨ Pastos con árboles dispersos

□ Charral

□ Café

□ Frutal

□ Hortalizas y granos

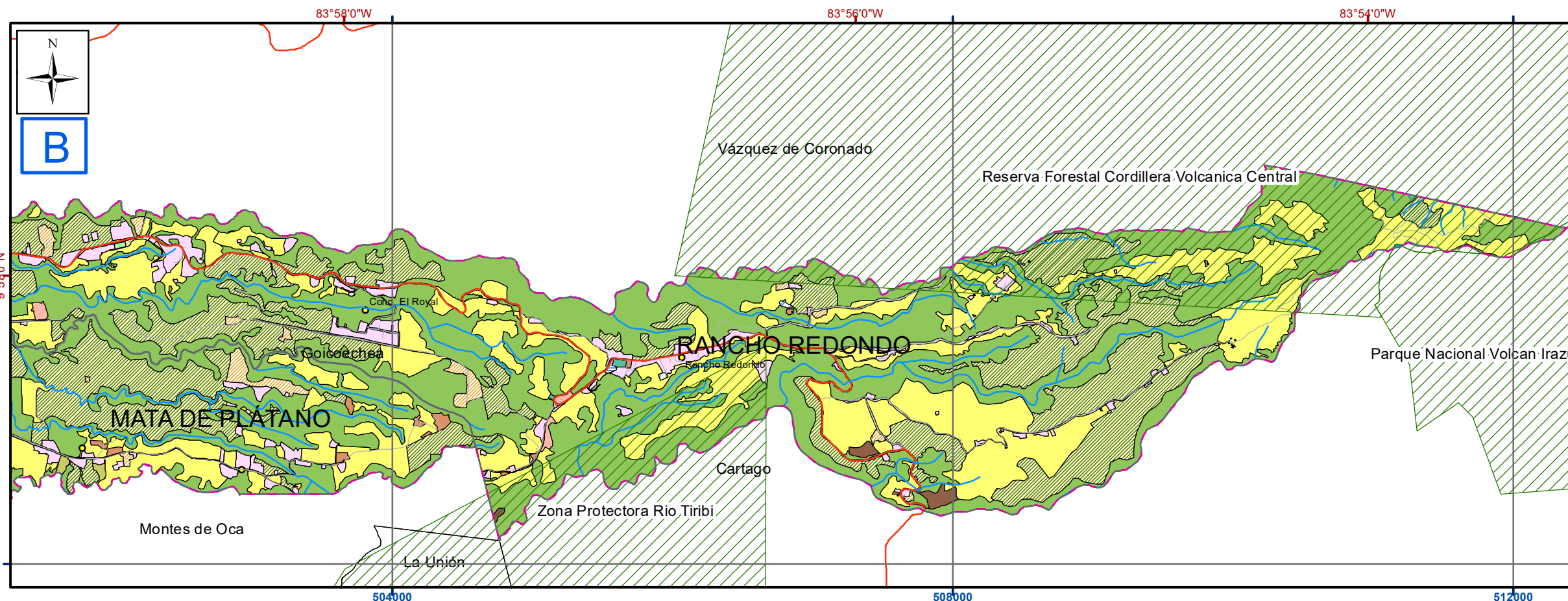
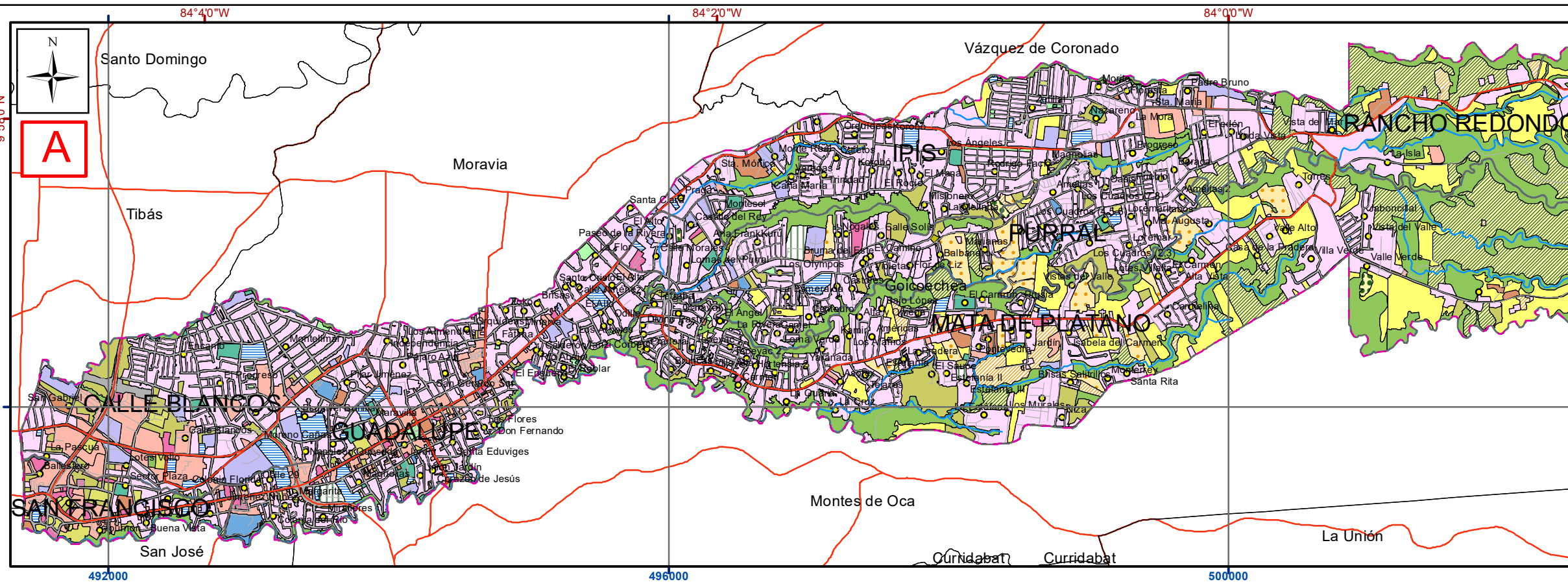
□ Botadero, relleno, tajo

□ Otros cultivos

□ Carretera pavimentada

□ Vía férrea

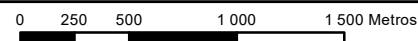
□ Agua superficial



Mapa 4.1-4. Antropoaptitud. Uso del Suelo Antrópico. Cantón de Goicoechea

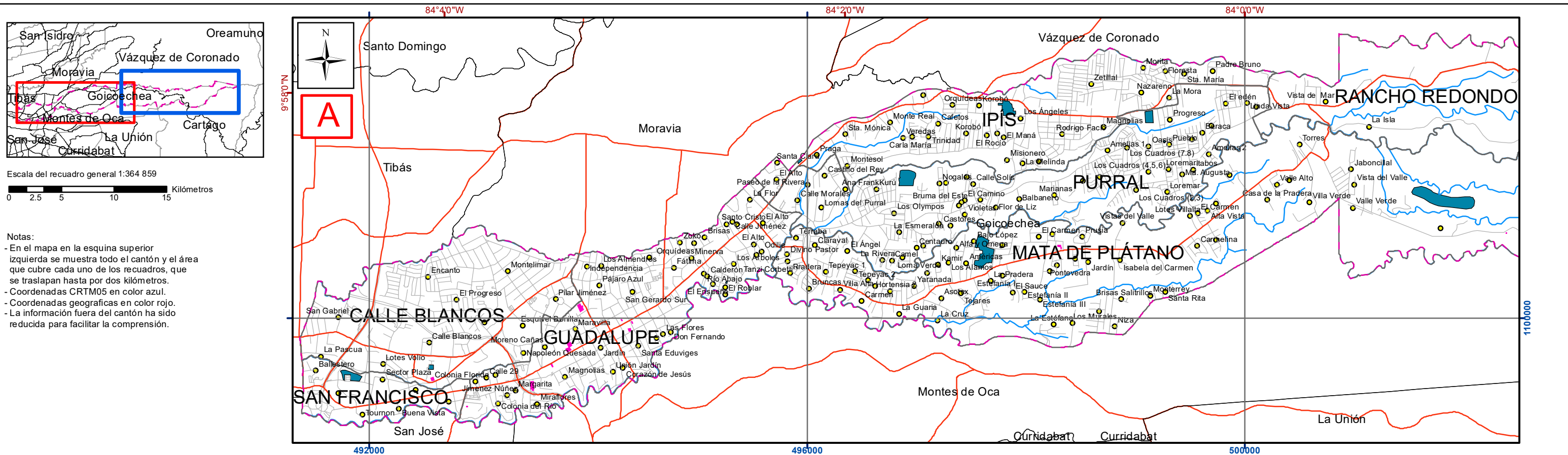
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables: Ph.D. Jonathan Agüero Valverde

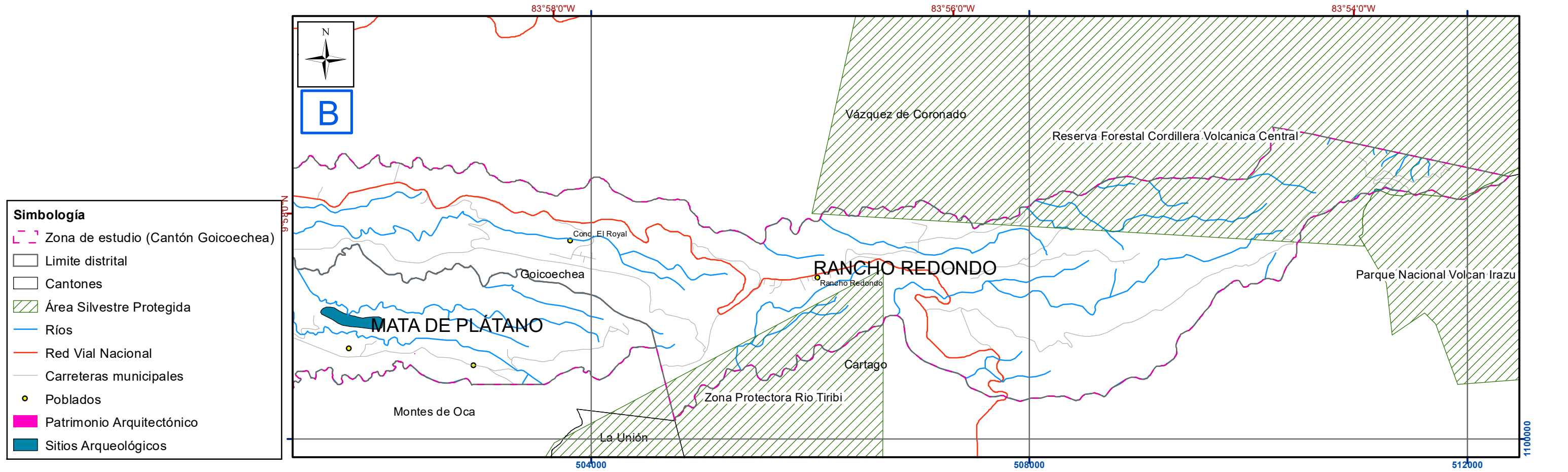


Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas





Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



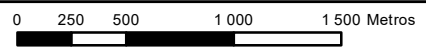
Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- Área Silvestre Protegida
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados
- Patrimonio Arquitectónico
- Sitios Arqueológicos

Mapa 4.1-5. Antropoaptitud. Patrimonio Arqueológico y Arquitectónico.

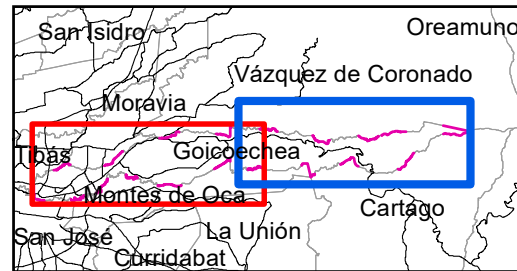
Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT;
 SNIT 1:25.000,
 SNIT- CENIGA 2019;
 ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
 Ph.D. Jonathan Agüero Valverde
 Lic. Gustavo Adolfo Gómez Quesada



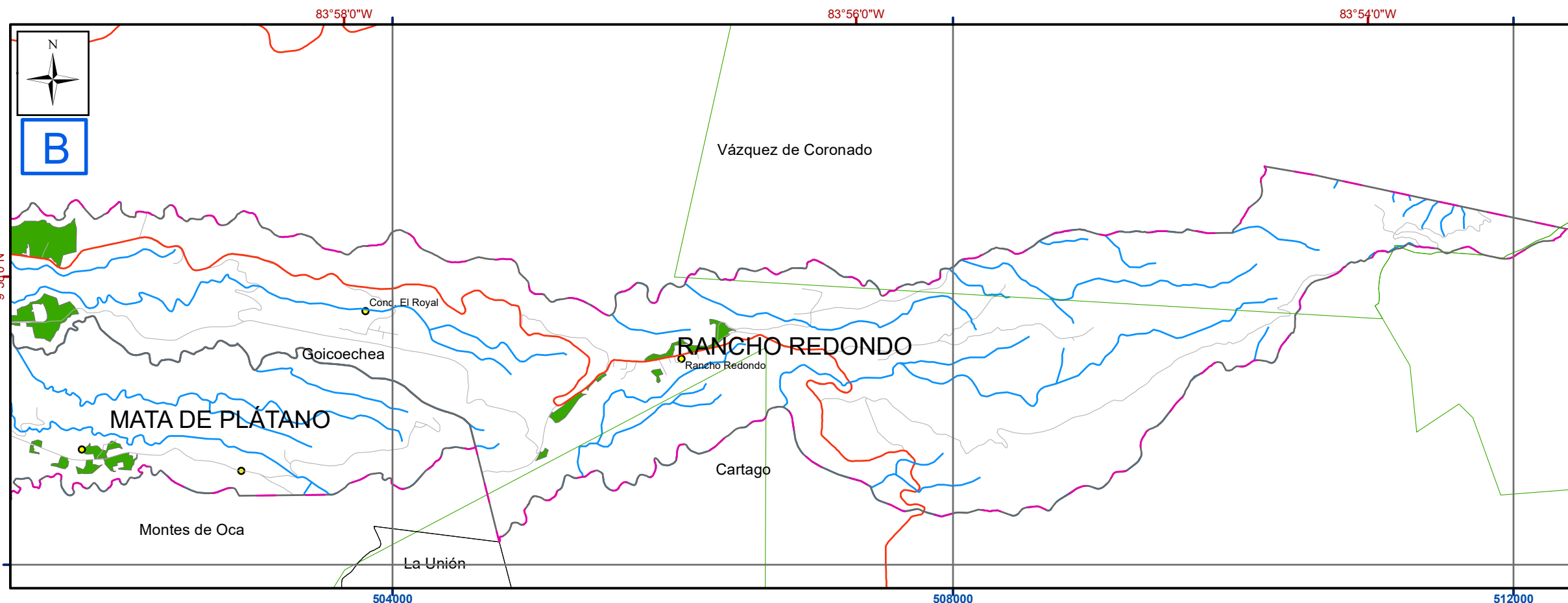
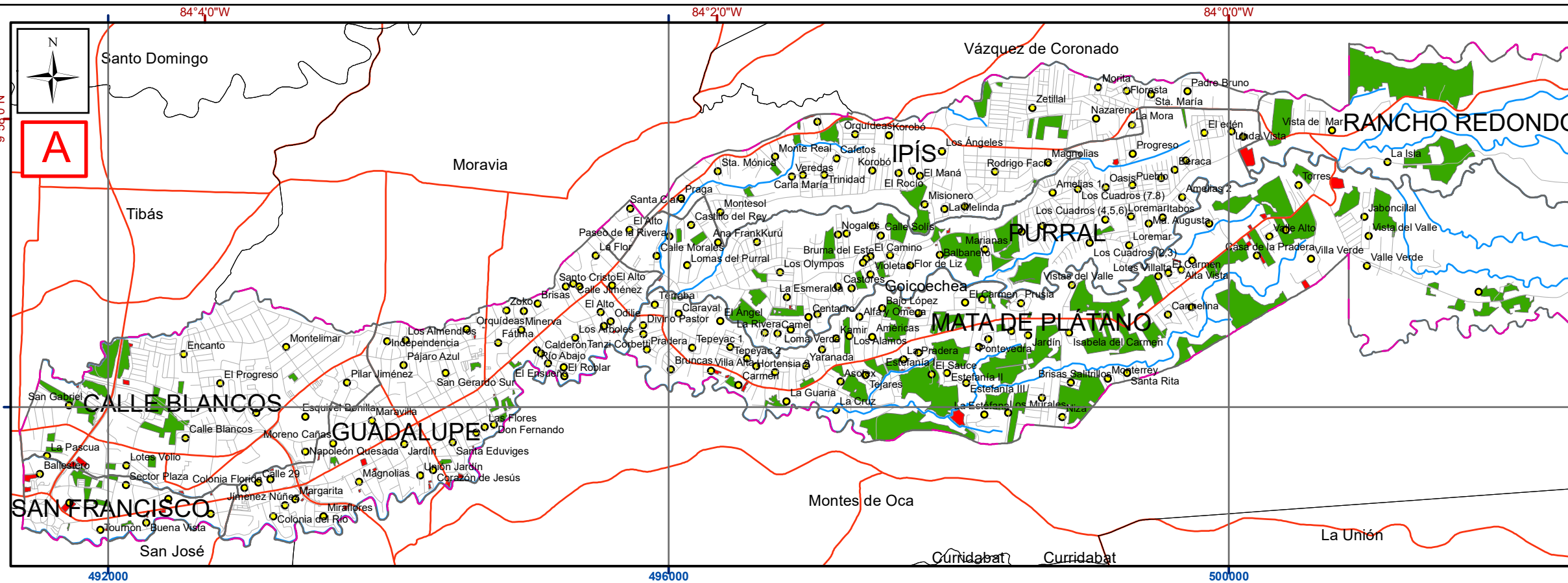
Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas





Escala del recuadro general 1:364 859

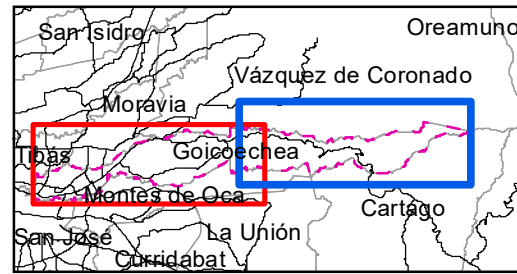
- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.



Simbología

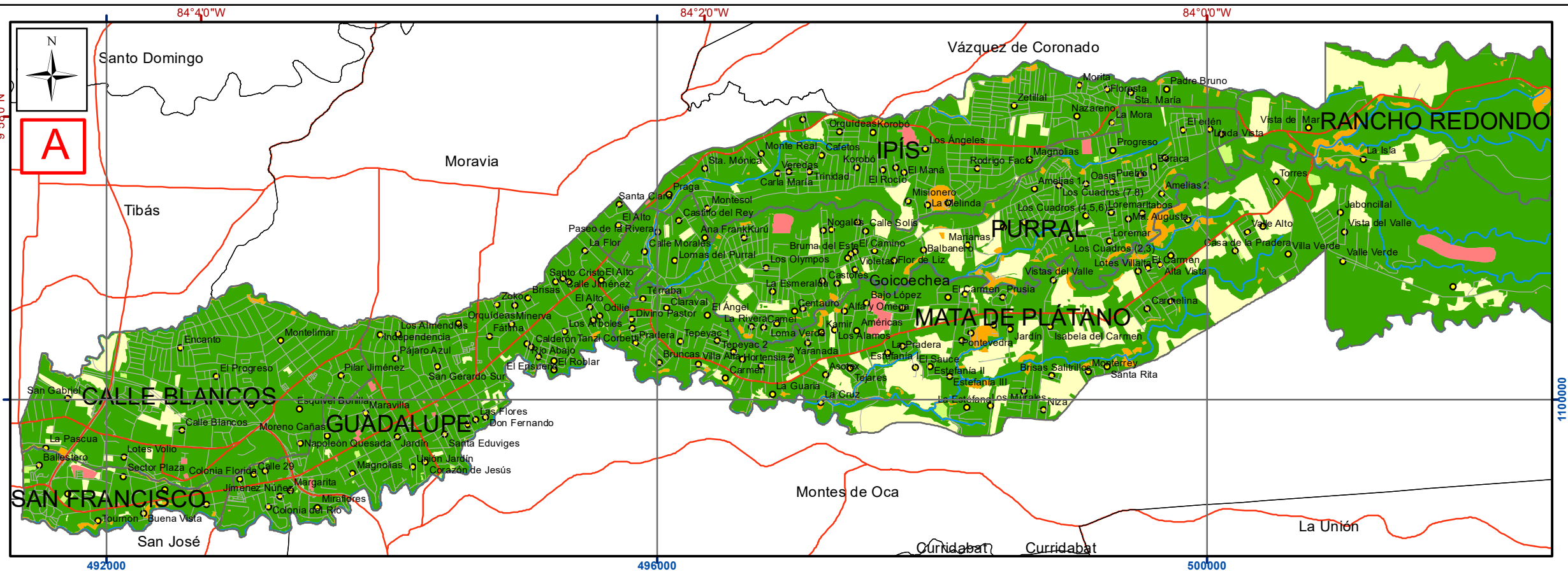
- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - Limite distrital
 - Cantones
 - ASP
 - Ríos
 - Red Vial Nacional
 - Carreteras municipales
 - Poblados
- Áreas de Desarrollo Futuro**
- Ocupación a corto plazo
 - Ocupación a mediano plazo

Mapa 4.1-6. Antropoaptitud. Áreas de Desarrollo Futuro.



Escala del recuadro general 1:364 859

- Notas:
- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

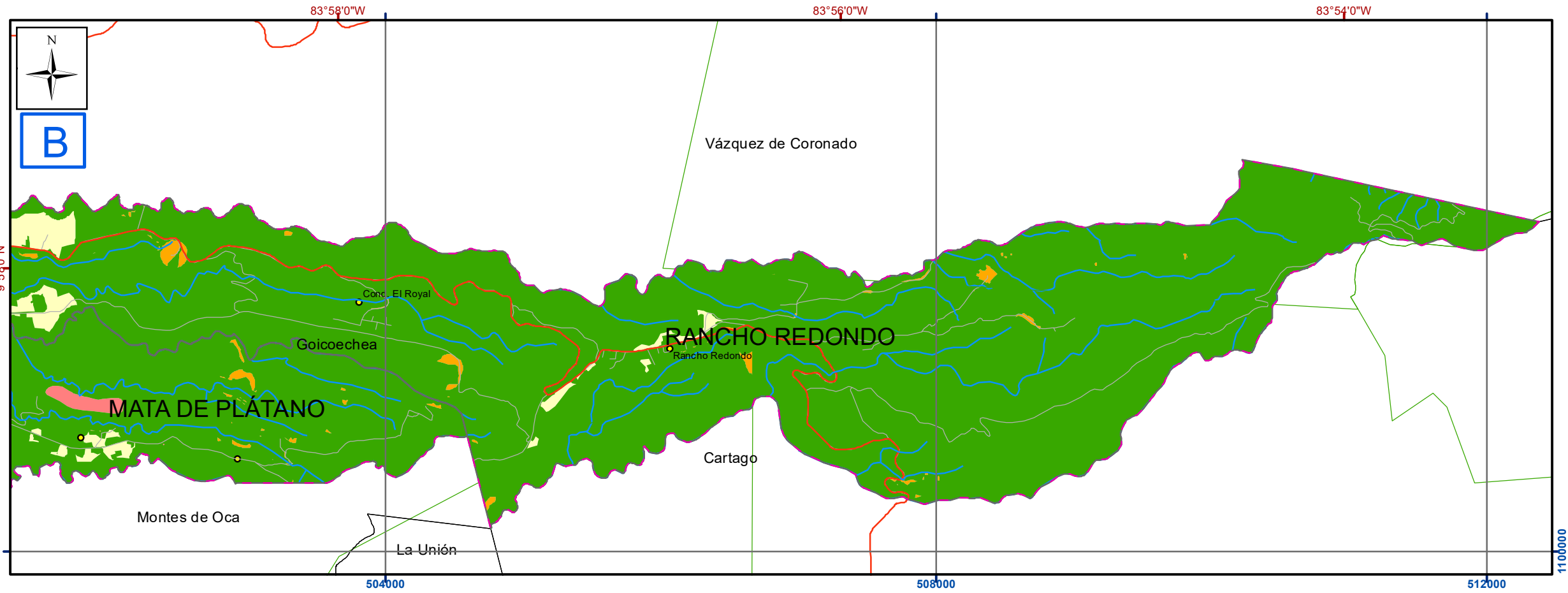


Simbología

- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Mapa 4.1-7. Antropaptitud. Factor uso de suelo antrópico en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT-CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Ph.D. Jonathan Agüero Valverde

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas



4.2. Paisajismo

La evaluación de la fragilidad del paisaje es uno de los componentes del IFA antropoaptitud, junto con el uso del suelo, de acuerdo con el decreto N°32967-MINAE. Dicha norma estipula un método general para calcular el potencial paisajístico de un territorio específico en función de la cobertura boscosa y la ocupación humana, y el porcentaje de estos elementos que son visibles desde distintos puntos y elevaciones dadas.

La metodología contemplada en la norma se incluye en este estudio como una referencia, que sirve como marco orientativo para el desarrollo de un análisis más integral y profundo, que considera no sólo la calidad del paisaje, sino también la fragilidad y la capacidad. De tal manera que, finalmente, se obtienen resultados que pueden ser incorporados a la planificación del territorio.

Este informe contiene varios apartados, entre ellos, el contexto normativo, que refiere al esquema legal existente dado por el decreto N°32967-MINAE; el marco conceptual, que incluye un recorrido por varios conceptos considerados de interés obligatorio para lograr una mejor comprensión de la temática del paisaje, entre ellos, unidades de paisaje y cuenca visual; las tipologías de paisaje detectadas en el espacio geográfico en estudio, en este caso el cantón de Goicoechea, uno de los más importantes de la Gran Área Metropolitana por muchos factores, entre ellos, su ubicación estratégica y su importancia como escenario de múltiples actividades económicas, políticas y sociales, y la particularidad de contar con entornos físico- ambientales diversos. Y finalmente, se describe la metodología utilizada para la elaboración de los análisis de calidad, fragilidad y capacidad, así como los resultados obtenidos.

El componente del paisaje en el ordenamiento territorial es de gran importancia. Normalmente, no es un criterio de peso al elaborar los planes reguladores. Sin embargo, su incorporación puede hacer que los usos del suelo y las regulaciones asociadas respondan, en conjunto con el resto de criterios técnicos utilizados al llevar a cabo una zonificación, al potencial del paisaje que tiene un espacio geográfico, buscando la preservación y/o el aprovechamiento de oportunidades de desarrollo en armonía con el entorno.

Contexto normativo

El decreto N°32967-MINAE, señala lo siguiente en cuanto al componente del paisaje, dentro del factor de antropoaptitud:

5.11.1 Respecto al eje de aspectos antrópicos o de actividades humanas deberá integrarse la siguiente información: [...] Categorías del paisaje y en particular de los sitios de interés paisajístico establecidos por criterios tales como belleza de escenarios naturales, tradición socio-cultural, potencial de aprovechamiento turístico y balance de ocupación antrópica respecto a la condición de conservación de la textura natural del paisaje. Todo esto, respecto al criterio de experto de los profesionales responsables y de conformidad con las normas, lineamientos y regulaciones que sobre

el tema de la gestión ambiental del paisaje definan las autoridades ambientales del país (ver Anexo N°1, Tabla de calificación de elementos paisajísticos, como criterio de guía).

Considerando que el Decreto señala en el Anexo II que las valoraciones dadas son orientativas y que es el profesional responsable el que debe emitir el último criterio en cuanto al proceso de valoración de la variable siempre que se busque mejorar la técnica de cálculo, se propone un procedimiento de cálculo basado en la determinación y búsqueda de hitos en la zona de estudio y la disponibilidad visual de ellos a través de las posibilidades panorámicas. Dicho procedimiento se explica en los siguientes apartados.

Marco conceptual

Sobre el concepto de paisaje

La escogencia de una definición para el concepto de paisaje es compleja, ya que varía dependiendo la disciplina. El término se utiliza en arte, arqueología, literatura, geografía, entre otras disciplinas. Aunque existen distintas acepciones y planteamientos asociados a ellas, una de las más populares es la de la óptica de la geografía porque hace referencia a un espacio geográfico en donde se conjugan distintos factores (bióticos, abióticos y antrópicos) que, dependiendo el ojo que lo observa, pueden resultar atractivo a la vista.

La Iniciativa Latinoamericana del Paisaje (LALI, por sus siglas en inglés) es una estrategia a nivel latinoamericano que persigue reconocer, proteger, valorar, gestionar y planificar de forma sostenible el paisaje latinoamericano, a través de convenios como leyes, acuerdos, decretos, etc., en sus formas tangibles e intangibles.

La Iniciativa (2012) plantea la siguiente definición base en orden de generar instrumentos jurídicos en adelante: “el paisaje se define como un espacio/tiempo resultado de factores naturales y humanos, tangibles e intangibles, que, al ser percibido y modelado por la gente, refleja la diversidad de las culturas”. A su vez, el Convenio Europeo del Paisaje (2000) lo define como el “área, tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y / o humanos”.

Queda demostrado que ambas definiciones hacen referencia a la combinación de elementos naturales y humanos en un área o espacio particular, y a la percepción por parte de las personas sobre esos espacios. Por lo tanto, el paisaje puede evaluarse a partir de sus componentes -de forma objetiva- o bien, a partir de criterios subjetivos -tal cual lo perciben las personas-, o incluso ambos.

Cabe resaltar que, en cualquier caso, el paisaje debe ser entendido como un recurso “natural, escaso y valioso” (Muñoz- Pedreros, 2004).

Sobre las unidades de paisaje

El concepto de unidad de paisaje es uno de los más importantes en esta temática. En términos sencillos son “divisiones espaciales que cubren el territorio a estudiar” (Muñoz- Pedreros, 2004). Tales divisiones deben ser lo más iguales posible, sin embargo, la delimitación de las unidades es una tarea sensible, puesto que su definición puede verse sesgada por criterios subjetivos.

En cada unidad de paisaje existen aspectos definitorios que la determinan y pueden denominarse componentes centrales (Muñoz- Pedreros, 2004), como, por ejemplo, la vegetación o el relieve. Según la bibliografía consultada, hay diferentes procedimientos para la delimitación de estos espacios y la escogencia de uno u otro depende del criterio técnico de los expertos en relación con las características propias de la zona de estudio.

Sobre la cuenca visual (paisaje visual)

Tévar (1996) define una cuenca visual como “el conjunto de superficies o zonas que son vistas desde un punto de observación”. Los puntos de observación son aquellos sitios desde donde se aprecia el paisaje, por ejemplo, miradores, vías, etc. Se hace énfasis en que el estudio de cuencas visuales y los índices asociados son herramientas fundamentales para el análisis del paisaje visual. Un análisis de este tipo permite conocer cuáles zonas de un territorio son visibles desde un punto o grupo de puntos, y, por lo tanto, la calidad y fragilidad existente mediante la cuantificación de ciertos parámetros. Lo anterior permite establecer el potencial de desarrollo del territorio en función de la aptitud paisajística existente.

El paisaje en el ordenamiento del territorio

La integración de la variable paisajística en la planificación territorial es ambiciosa, pero necesaria. El paisaje puede considerarse un transmisor de información de un territorio. Esto debido a su valor intrínseco en todas sus dimensiones: sociocultural, físico ambiental y económico.

A nivel internacional (en Latinoamérica y Europa) existen iniciativas conocidas, entre otras, como observatorios de paisaje, que persiguen investigar, mantener y restaurar este recurso, el cual, mayoritariamente se ha visto amenazado por la implementación de prácticas antrópicas desatinadas.

En Costa Rica, la Política Nacional de Ordenamiento Territorial 2012- 2020 incluye el componente de paisaje dentro del eje estructural de calidad del hábitat, además, el Decreto en cuestión, al cual responde este documento, lo incluye como una subvariable del IFA antropoaptitud. Sin embargo, se puede afirmar que la aplicación práctica de metodologías de evaluación del paisaje, y más importante aún, el traslado de los resultados de estos estudios a la realidad del país, es casi imperceptible, siendo que el desarrollo de las actividades humanas, en particular, la construcción de infraestructura, se lleva a cabo sin considerar el impacto real en términos paisajísticos.

Al ejecutar un estudio del paisaje visual se obtienen las zonas con aptitud paisajística en términos de su calidad y fragilidad, con lo cual, al contraponerlo con la zonificación general de uso del suelo de un área de estudio particular como parte del proceso de elaboración de un plan regulador, es posible definir restricciones urbanísticas (retiros, alturas, área mínima, etc.) y usos de suelo que limiten o estimulen el potencial de acogida de un sitio determinado. Al respecto: “..., el estudio del paisaje debe ser incluido en todo proyecto de desarrollo, tanto para determinar su calidad frente al ejercicio de ciertas actividades, como también para adoptar medidas orientadas a la preservación y protección del espacio natural”. (Muñoz- Pedreros, 2004)

Tipologías o unidades de paisaje en Goicoechea

Como lo afirma Muñoz- Pedreros (2004), las unidades de paisaje se establecen a partir de una característica dominante que es representativa a nivel paisajístico. El primer paso para delimitarlas es determinar cuáles son estos componentes característicos en una zona de estudio específica, en este caso el cantón de Goicoechea. Estos componentes centrales representan esencialmente los tipos de paisaje existentes y predominantes, como la vegetación o el relieve, por ejemplo.

Es así como en Goicoechea, para efectos de este estudio, se opta por tomar la capa de uso del suelo para determinar tales unidades o tipologías paisajísticas. Así, se identificaron 5 categorías que se exponen en la Tabla 4-9.

Tabla 4-9. Tipologías del paisaje identificadas en el cantón

Tipología	Descripción
Ocupación humana/ usos urbanos	<p>Del diagnóstico elaborado para el Plan Regulador, se extrae que Goicoechea presenta una categorización urbana que va de oeste a este, con lo cual los distritos Guadalupe, San Francisco, Calle Blancos, Ipís y Purral se catalogan en toda su extensión como zona urbana; por otra parte, aproximadamente dos tercios del distrito de Mata de Plátano se considera como zona urbana y solo una pequeña fracción de Rancho Redondo se clasifica con esta condición.</p> <p>Desde el punto de vista de la planificación territorial, los usos urbanos y toda la dinámica que gira a su alrededor, son un reflejo fiel del crecimiento desordenado y espontáneo que ha sucedido en el cantón. No obstante, a nivel de calidad visual, para algunas personas este fenómeno intrínseco de las zonas urbanas puede resultar interesante, especialmente al apreciarlo desde zonas remotas y durante las noches.</p>
Bosque	<p>El bosque representa el 25,5% del área total de Goicoechea, que es equivalente a 807,5 Ha, esta se distribuye de forma homogénea en Rancho Redondo y en la parte alta de Mata de Plátano. En el sector oeste del cantón existen zonas boscosas casi exclusivamente a lo largo de los principales cauces que recorren la región.</p> <p>Los cambios más sobresalientes con respecto al uso del suelo del año 2008 se generaron en el extremo oeste del cantón, en fragmentos de bosque en recuperación que se extendieron hacia pastos o áreas boscosas con árboles</p>

Tipología	Descripción
Pastos y pastos con árboles dispersos/ cultivos	<p>dispersos. Este es el caso general para las manchas boscosas en el medio del extremo oeste del cantón, especialmente al sur de la Cordillera Volcánica Central.</p> <p>Esta tipología de paisaje suele ser una de las más atractivas y determinantes en términos de la calidad visual de un territorio.</p> <p>Predomina en las zonas altas del cantón, específicamente en los distritos de Mata de Plátano y Rancho Redondo, los cuales tienen una vocación más rural. También hay sectores muy pequeños con este uso en Ipís y Purral.</p> <p>En Rancho Redondo los pastos junto con los pastos con árboles dispersos suman el 46,6% del total del área del distrito, mientras que en Mata de Plátano los usos agropecuarios tienen alta representatividad siendo que los pastos son un 12,5%, los pastos con árboles dispersos un 15,3% e inclusive el café con un 4,7%.</p> <p>Este tipo de paisaje resulta atractivo al adentrarse en las partes altas y denotar los distintos tipos de cultivos y pastos, los cuales se vuelven más atractivos con la presencia de ganado y otras especies animales y vegetales.</p> <p>Este tipo de paisaje resulta particularmente relevante al estar inmerso en zonas urbanas, por su potencial uso como áreas recreativas. En Goicoechea, aunque existen algunos ríos en las zonas urbanas, éstos no son ampliamente aprovechados como tales.</p>
Ríos y franjas verdes asociadas	<p>Hacia el centro y este del cantón se observan leves recuperaciones de bosque, las cuales están asociadas a los cauces de los ríos.</p> <p>En contextos rurales, enfocados en la protección de recursos naturales, los ríos, en conjunto con el bosque y las cumbres de las montañas, aportan gran calidad visual al paisaje.</p> <p>Se definen a partir de la capa de microcuencas existente para el cantón, de manera que corresponden con las líneas divisorias de aguas. En Goicoechea, al igual que en la mayoría de ubicaciones en el Valle Central, este componente tiene una fuerte presencia, lo cual le otorga un gran valor en términos paisajísticos.</p>
Cumbres de montañas	<p>Desde las partes más bajas de Goicoechea y los cantones vecinos, es posible percibir en los fondos escénicos las montañas que rodean el Valle Central, especialmente hacia el este, donde ocasionalmente es posible visualizar el Volcán Irazú y las montañas circundantes.</p>

Metodología

El abordaje para valorar la calidad visual de un paisaje puede darse desde dos ópticas:

1. Lo que se observa desde un punto específico de un territorio. Es decir, un observador que se coloca en un punto y observa un paisaje determinado.
2. El sitio desde donde se observa el paisaje, es decir, el sitio de observación.

Este análisis de paisaje en Goicoechea se hace desde la segunda óptica, es decir, se busca proteger el sitio de observación principalmente, no así “lo observado”, que ya estaría protegido por los

resultados de los otros factores del IFA como el de Geoaptitud. Para esto, se parte del supuesto de que la relación de visibilidad entre los puntos de observación y lo observado es recíproca, así, desde las celdas visibles es posible también ver los sitios de observación.

Este proceso se trata de la estimación de las cuencas visuales para ciertos puntos de observación. El software utilizado es ArcGIS. Este análisis permite obtener las zonas que ofrecen mayor calidad visual porque tienen fuertes recursos visuales intrínsecos que las hacen atractivas al percibir las desde otros sitios de observación. De forma premeditada, se parte de que estas zonas serán ambientalmente más frágiles, por lo que los niveles de protección de usos del suelo deben ser rigurosos.

En términos generales, se obtienen las cuencas visuales a partir de un conjunto de puntos de observación asociados a algunas variables físicas como: cumbres de montañas, usos del suelo y cuerpos de agua.

Es importante considerar que la calidad visual se puede evaluar a partir de tres escalas: las características intrínsecas, el entorno inmediato y el fondo escénico. En este caso, la evaluación se centra mayormente en función del fondo escénico.

Se procura que los métodos de valoración de la calidad visual utilizados sean indirectos o al menos mixtos, reduciendo en lo posible el componente subjetivo. En la tabla a continuación se expone la descripción de los mismos.

Tabla 4-10. Métodos de valoración de la calidad visual

MÉTODOS	VALORACIÓN
Directos	La valoración se realiza a partir de la contemplación de la totalidad del paisaje. Surge aquí la cuestión de la subjetividad de tales valoraciones que se utiliza para definir cuatro tipos de métodos: <ul style="list-style-type: none"> - De subjetividad aceptada. - De subjetividad controlada. - De subjetividad compartida. - De subjetividad representativa.
Indirectos	La valoración se realiza a través del análisis de una selección de descriptores, por medio de sistemas de desagregación con o sin ponderación y métodos estadísticos de clasificación.
Mixtos	Valoran directamente, realizando después un análisis de componentes para averiguar la participación de cada uno en el valor total.

Fuente: Aguiló y Blanco (1981)

Las etapas para evaluar el componente del paisaje para efectos de este análisis son la siguientes:

1. Inventariar componentes con potencial visual del cantón (descriptores del paisaje). Esto es, hacer una descripción de los recursos visuales predominantes a nivel cantonal. Incluye:
 - Escaneo estratégico del territorio utilizando los insumos generados en el diagnóstico, especialmente del eje físico- espacial, y ambiental; así como la fotografía aérea (Google Earth).
 - Obtención de la capa de cada uno de los componentes o descriptores identificados, los cuales son: usos urbanos, bosque, pastos, ríos (escala 1:25 000) y cumbres de montañas a partir de las líneas divisorias de agua. Las capas de lo urbano, bosque y pastos se extraen del uso del suelo del cantón.
 - Superposición de capas obtenidas.
2. “Descomponer” el territorio en secciones que serían las unidades de paisaje. Estas unidades comparten características similares en cuanto a los componentes identificados en la etapa 1. Incluye determinación, delimitación y cartografía, y denominación de cada una.

Para efectos del cantón de Goicoechea, se trabaja la totalidad del cantón como 1 sola unidad de paisaje. Por lo tanto, esta etapa es fundamentalmente descriptiva.

3. Valorar la calidad, fragilidad y capacidad. La calidad visual se valora mediante un análisis de visibilidad o cuencas visuales, la cual luego se traduce a términos de fragilidad según la escala IFA y, finalmente, se recomiendan algunos usos del suelo asociados a la capa resultante. En general, para valorar la calidad visual se llevó a cabo el siguiente procedimiento:
 - Para cada descriptor del paisaje identificado en las etapas previas se obtuvo un grupo de puntos o hitos (posibles sitios de observación) distribuidos aleatoriamente en toda la extensión del cantón y a partir de éstos se modeló la cuenca visual.
 - A cada cuenca visual se hizo la topología respectiva en busca de mejorar los resultados.
 - Sumatoria de las capas de las cuencas visuales para lo cual se lleva a cabo la normalización a partir de la reclasificación según los valores IFA y la ponderación de criterios. La ponderación de criterios determina los pesos relativos asignados a cada tipo de paisaje existente en el cantón.

Para la ponderación, se opta por utilizar el método Analytic Hierarchy Process (AHP) o Método Analítico Jerárquico. Este método se caracteriza porque descompone y organiza el problema de forma visual en una estructura jerárquica. El método establece la importancia relativa de los elementos de cada jerarquía a partir de la matriz de comparación por pares de Saaty (1980), de

forma que un panel de profesionales en distintas áreas de planificación urbana completó la matriz según su criterio técnico.

Esta matriz está compuesta por tantas columnas y filas como criterios componen el modelo, siempre introducidos en el mismo orden, lo que permite comparar cada factor con el resto. (Pérez, 2015).

Los resultados de la ponderación se muestran en la Tabla 4. Se puede observar que la categoría de bosque encabeza la lista, seguida de las cumbres de las montañas y los ríos.

Tabla 4-11. Resultados de la ponderación de tipologías de paisaje

Componente	Valor
Bosque	31.41%
Cumbres de montañas	28.70%
Ríos	21.12%
Pastos	11.96%
Urbano	6.81%

Al asociar los resultados de la calidad visual con la fragilidad se parte de una correlación calidad-fragilidad, es decir que, a mayor calidad visual, mayor fragilidad. En este punto, es preciso recordar que en este análisis se busca proteger el sitio de observación, por lo que la calidad visual y, por ende, la fragilidad, es la asociada a esos puntos.

De esta manera, las zonas ambientalmente más frágiles están asociadas con zonas de bosque, cumbres de montañas y ríos. Lo anterior es notablemente evidente en la parte oeste del cantón de Goicoechea, en los distritos de Mata de Plátano y Rancho Redondo, en tanto a mayor elevación se incrementa el atractivo paisajístico en las distintas escalas, ya sea la escala inmediata o el fondo escénico.

Asimismo, se obtuvieron zonas con valor 1 en algunos sectores urbanos del distrito de Calle Blancos, lo cual probablemente está asociado a los recursos paisajísticos urbanos que se dan a nivel local, como, por ejemplo, zonas verdes y áreas recreativas, o simplemente porque en esas ubicaciones existe un grado de apertura visual importante hacia otros recursos paisajísticos más lejanos.

En definitiva, el cantón de Goicoechea concentra un gran valor paisajístico en sus zonas rurales, en contraste con las urbanas, las cuales poseen mayores altitudes y la notoria presencia de recursos naturales valiosos, lo cual le permite diferenciarse de otros cantones de la GAM.

Limitaciones y potencialidades técnicas

La siguiente tabla muestra las limitaciones y potencialidades técnicas para esta variable.

Tabla 4-12. Limitaciones y potencialidades técnicas del IFA antropoaptitud- paisajismo

IFA	Limitaciones	Potencialidades
1	Zonas altamente frágiles en las cuales es importante la preservación de los recursos ambientales y visuales existentes	Aprovechamiento para fines turísticos y/o recreativos.
2	Zonas que deben resguardarse mediante la implementación de restricciones urbanísticas rigurosas.	Belleza escénica. Potencial para fines turísticos y/o recreativos. Zonas muy valiosas ambientalmente.
3	Zonas con menor apertura visual hacia puntos de interés debido a aspectos de proximidad o presencia de obstáculos.	Eventual aprovechamiento para usos turísticos y/o recreativos.
4	Zonas con apertura visual reducida.	Aprovechamiento de recursos paisajísticos a nivel local. Menos limitantes al desarrollo urbano.
5	Zonas con apertura visual muy reducida. Poco o nulo aprovechamiento del recurso paisajístico.	Zonas destinadas a la conservación ambiental. Aprovechamiento del paisaje a lo interno de los espacios geográficos. Restricciones urbanísticas con menos limitaciones.

Referencias

Aguiló Alonso, M., & et.al. (2014). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico 4° edición*. Madrid, España: Fundación Conde del Valle de Salazar.

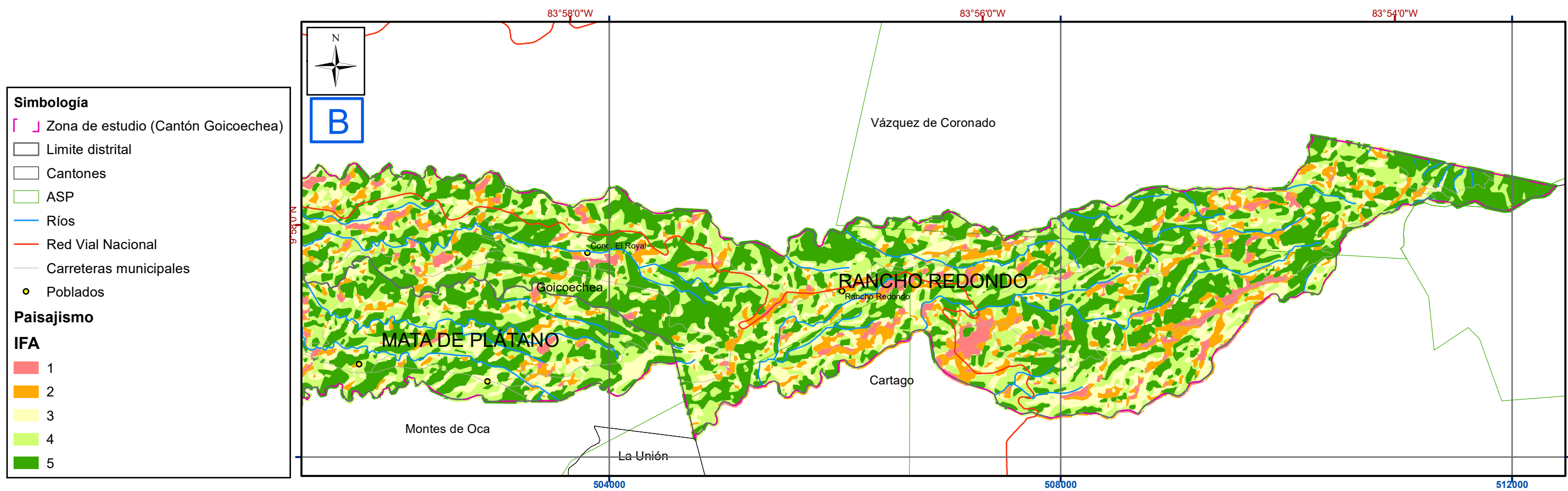
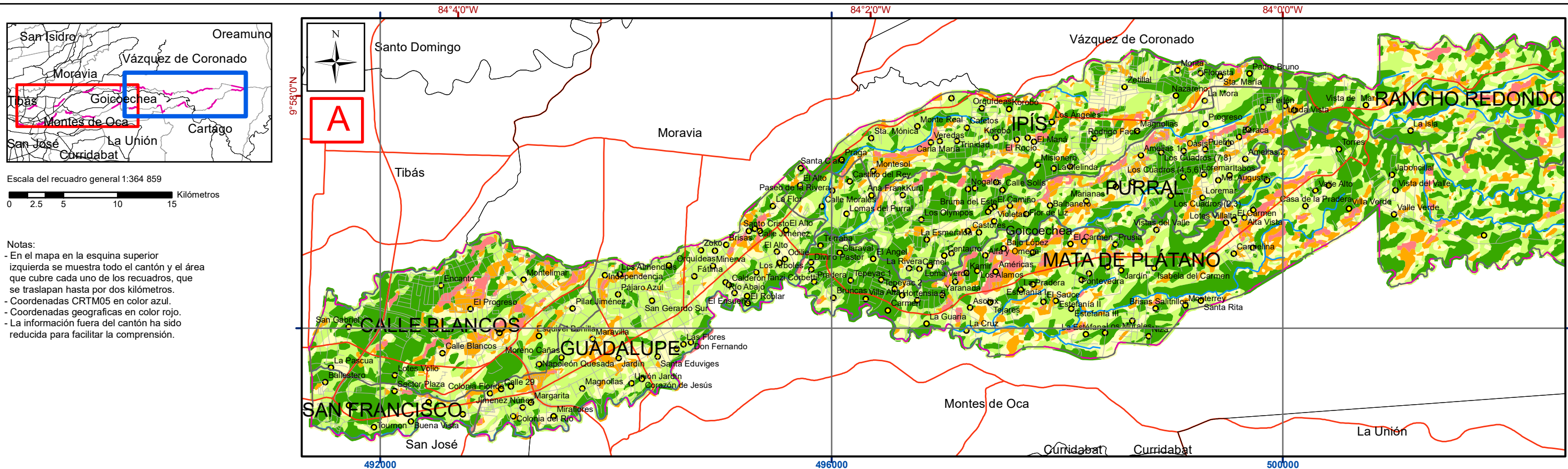
Franch-Pardo, I., & Cancer-Pomar, L. (2017). El componente visual en la cartografía del paisaje. Aptitud paisajística para la protección de la cuenca del río Chiquito (Morelia- Michoacán). *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*.

Martínez Serrano, A. (2017). Zonificación geoecológica, un criterio para la interpretación y análisis espacial del paisaje urbano de la ciudad de Morelia. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N°73*, 343-367.

Muñoz Pedreros, A. (2004). La evaluación del paisaje: una herramienta de gestión ambiental. *Revista Chilena de Historia Natural*, 139-156.

Pérez Ortiz, L. (2017). Valoración de la fragilidad y calidad del paisaje utilizando un SIG caso de estudio: Santa Ana. *Trabajo Final de Graduación. Programa Maestría Profesional en Sistemas de Información Geográfica y Teledetección*. Universidad Nacional y Universidad de Costa Rica, Heredia.

Vallina Rodríguez, A. (2020). Análisis de la calidad visual del paisaje del Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama mediante procedimientos indirectos: EMC y SIG. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 183-215.



- Simbología**
- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
 - Limite distrital
 - Cantones
 - ASP
 - Ríos
 - Red Vial Nacional
 - Carreteras municipales
 - Poblados
- Paisajismo**
- IFA**
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5

4.3. IFA Antropoaptitud integrado

El IFA antropoaptitud integrado se obtiene de la suma y posterior reclasificación de las dos capas que incluyen valores normalizados (entre 1 y 5) de fragilidad. Se parte de que todas las variables tienen el mismo peso, por lo cual el IFA integrado es un promedio simple de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$IFA_{\text{Antropoaptitud Integrado}} = (IFA_{\text{UsoSuelo}} + IFA_{\text{Paisajismo}})$$

Tal y como se menciona en los párrafos introductorios, la sumatoria y reclasificación se ajusta a lo señalado en el decreto. Específicamente para este IFA al reunir dos variables, el valor máximo obtenible es de 10; por lo tanto, la reclasificación de la sumatoria se ajusta en la siguiente tabla.

Tabla 4-13. Categorías de reclasificación de la sumatoria para el cálculo del IFA antropoaptitud

Sumatoria de las 2 variables	Categoría	Valor reclasificado
2 – 3	Muy Alto	1
4 - 5	Alto	2
6 – 7	Moderado	3
8 – 9	Bajo	4
10	Muy Bajo	5

El resultado se muestra en el Mapa 4.3-1.

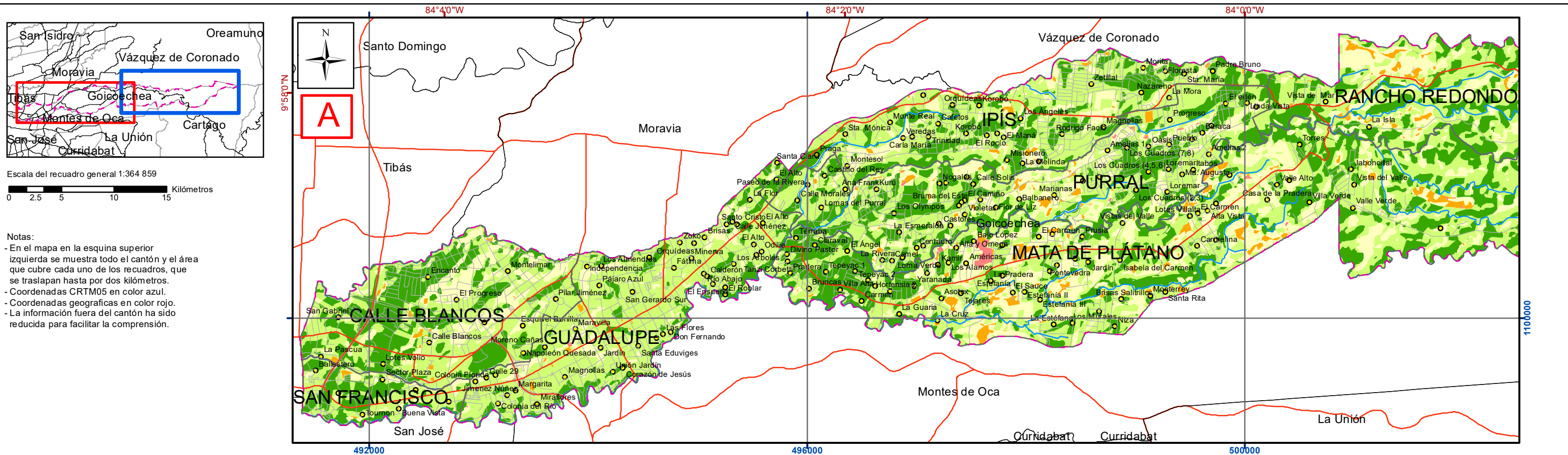
Limitaciones y potencialidades técnicas

La siguiente tabla contiene las limitaciones y potencialidades técnicas del IFA antropoaptitud integrado.

Tabla 4-14. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA antropoaptitud

IFA	Limitaciones	Potencialidades
1	Áreas dentro de la zona de protección de ríos y nacientes que además tienen alta o muy alta fragilidad paisajística. Áreas arqueológicas que además tienen alta o muy alta fragilidad paisajística. En los sitios arqueológicos debe exigirse la elaboración del Estudio Arqueológico Rápido del Terreno para el Área de Proyecto según el Decreto Ejecutivo № 327122. Los bienes inmuebles declarados como reliquias de interés arquitectónico e histórico no pueden ser remodelados o demolidos total o parcialmente, sin la autorización previa del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural.	Protección de Recursos Naturales
2	Áreas de alta o muy alta fragilidad paisajística combinadas con zonas de ocupación humana en zonas	Protección de Recursos Naturales, principalmente en las zonas de protección de

	<p>ambientalmente frágiles o zonas de ocupación humana a mediano plazo.</p> <p>Sitios arqueológicos con fragilidad paisajística moderada. En los sitios arqueológicos debe exigirse la elaboración del Estudio Arqueológico Rápido del Terreno para el Área de Proyecto según el Decreto Ejecutivo Nº 327122. Los bienes inmuebles declarados como reliquias de interés arquitectónico e histórico no pueden ser remodelados o demolidos total o parcialmente, sin la autorización previa del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural.</p>	<p>nacientes, ríos y quebradas y desarrollo urbano de baja densidad en el resto de las zonas.</p>
3	<p>Áreas de alta o muy alta fragilidad paisajística combinadas con zonas de baja fragilidad por uso antrópico. En los sitios arqueológicos debe exigirse la elaboración del Estudio Arqueológico Rápido del Terreno para el Área de Proyecto según el Decreto Ejecutivo Nº 327122. Los bienes inmuebles declarados como reliquias de interés arquitectónico e histórico no pueden ser remodelados o demolidos total o parcialmente, sin la autorización previa del Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural.</p>	<p>Desarrollo Urbano de media densidad</p>
4 - 5		<p>Desarrollo Urbano de media densidad y alta densidad</p>



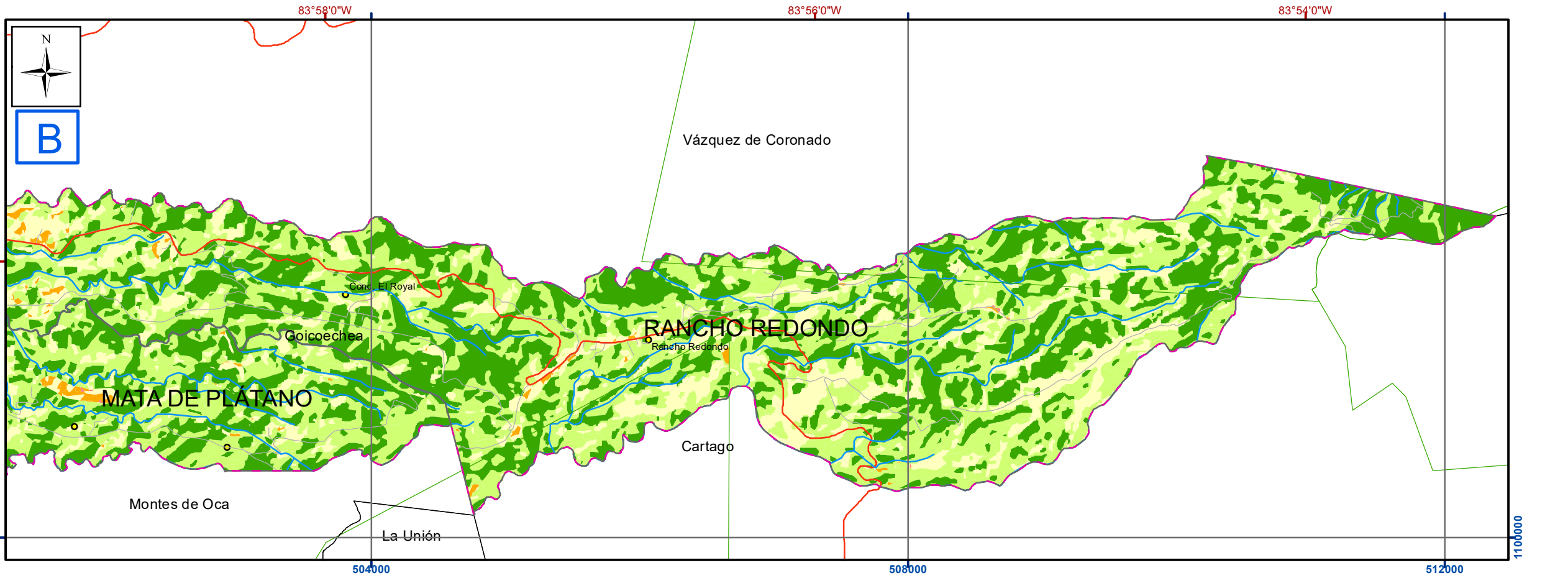
Notas:
 - En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
 - Coordenadas CRTM05 en color azul.
 - Coordenadas geográficas en color rojo.
 - La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



Mapa 4.3-1. Antropoaptitud. Factor integrado de antropoaptitud en el cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT- CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
 Ph.D. Jonathan Agüero Valverde

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
 Transversal Mercator 05 (CRTM05)
 Coordenadas geográficas



5. IFA Integrado

El IFA integrado se obtiene de la suma y posterior reclasificación de las cuatro capas que incluyen valores normalizados (entre 1 y 5) de fragilidad para los distintos componentes: geoaptitud, bioaptitud, edafoaptitud y antropoaptitud. Se supone que todos los factores tienen el mismo peso, por lo cual el IFA integrado es un promedio simple de acuerdo con la ecuación:

$$IFA_{Integrado} = (IFA_{Geoaptitud} + IFA_{Edafoaptitud} + IFA_{Bioaptitud} + IFA_{Antropoaptitud})$$

Cada uno de los componentes mostrados en la ecuación anterior toman valores entre 1 y 5, por lo tanto, su aplicación resulta en valores dentro del mismo rango. Las categorías IFA se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5-1. Categorías de IFA integrado

Valor inferior de corte	Valor superior de corte	Categoría	Valor reclasificado
4	7	Muy Alto	1
8	11	Alto	2
12	14	Moderado	3
15	17	Bajo	4
18	20	Muy Bajo	5

El resultado de aplicar la ecuación se muestra en el Mapa 5.1, el cual ilustra la distribución espacial de las categorías IFA presentes en el cantón.

La representa el diagrama con el proceso de cálculo del IFA integrado.

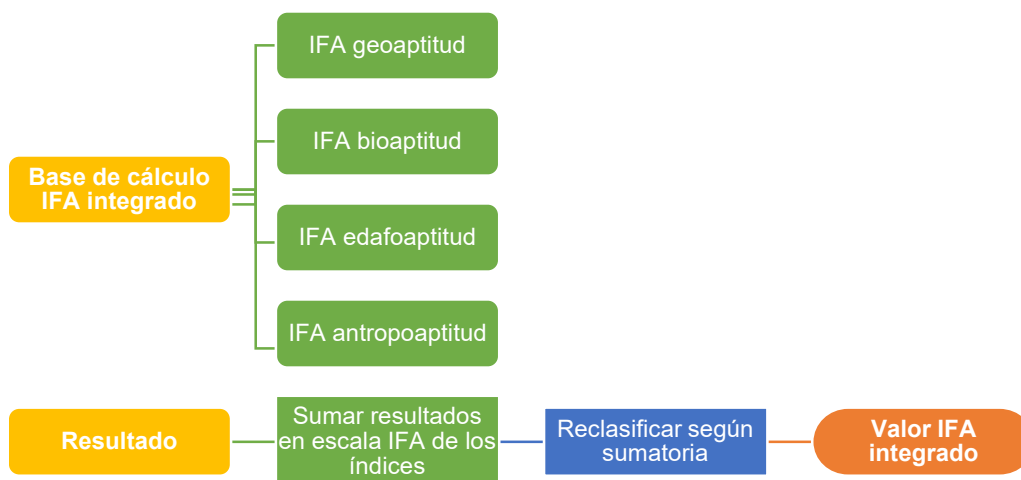


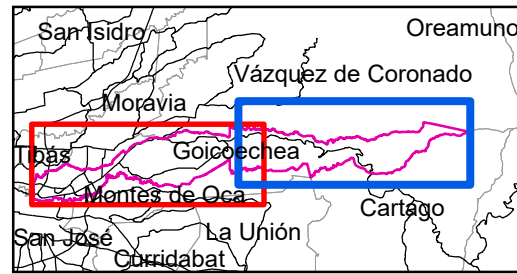
Figura 5-1. Diagrama resumen de la metodología de cálculo del IFA integrado

Limitaciones y potencialidades técnicas

La siguiente tabla contiene las limitaciones y potencialidades técnicas del IFA integrado.

Tabla 5-2. Limitaciones y potencialidades técnicas para el IFA Integrado

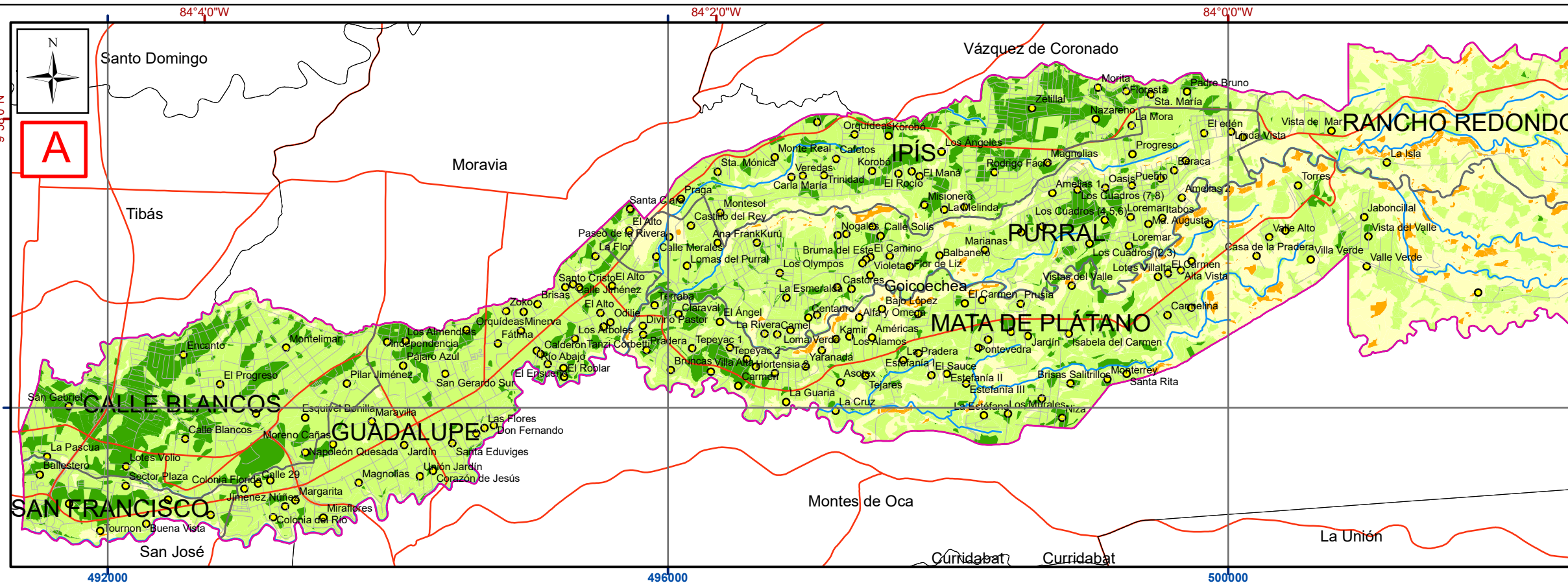
Valor IFA	Limitaciones	Potencialidades
2	Zonas de alta pendiente, dentro de las zonas de protección de nacientes, ríos y quebradas, con alta o muy alta fragilidad biótica y edafológica. Algunas zonas presentan alta o muy alta fragilidad por paisajismo y uso antrópico.	Protección de recursos naturales y usos conexos como ecoturismo.
3	Zonas de alta pendiente, dentro de las zonas de protección de nacientes, ríos y quebradas, con fragilidad moderada o baja en las otras variables. Algunas zonas presentan alta o muy alta fragilidad por paisajismo y uso antrópico.	Protección de recursos naturales en las zonas de protección de nacientes, ríos y quebradas. Uso urbano de baja densidad Usos agrícolas.
4 y 5	Algunas zonas pueden presentar fragilidad moderada en geopatitud, bioaptitud, edafoaptitud o antropoaptitud	Usos urbanos de mediana y alta densidad



Escala del recuadro general 1:364 859

Notas:

- En el mapa en la esquina superior izquierda se muestra todo el cantón y el área que cubre cada uno de los recuadros, que se traslapan hasta por dos kilómetros.
- Coordenadas CRTM05 en color azul.
- Coordenadas geograficas en color rojo.
- La información fuera del cantón ha sido reducida para facilitar la comprensión.

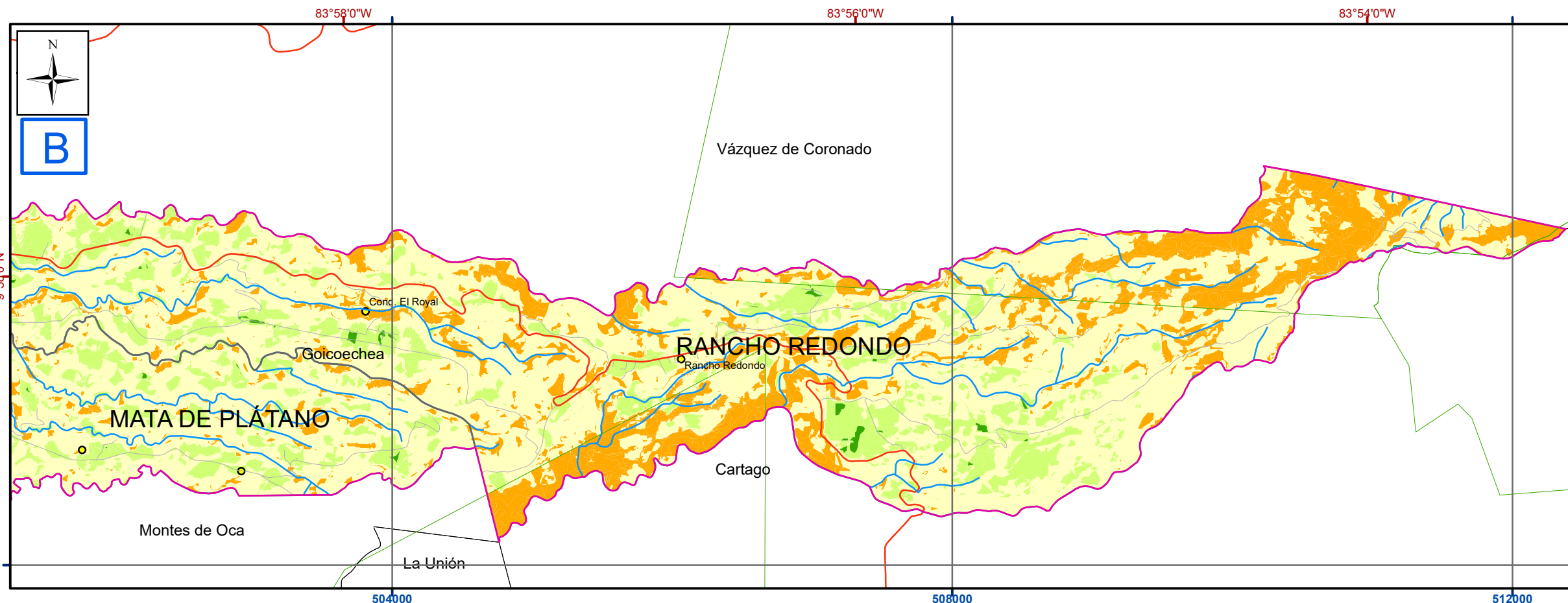


Simbología

- Zona de estudio (Cantón Goicoechea)
- Limite distrital
- Cantones
- ASP
- Ríos
- Red Vial Nacional
- Carreteras municipales
- Poblados

IFA

- 2
- 3
- 4
- 5



Mapa 5-1. IFA integrado. Cantón de Goicoechea

Fuentes: DTA 1:5.000 SNIT; SNIT 1:25.000, SNIT- CENIGA 2019; ProDUS, 2020.

Profesionales responsables:
Ph.D. Jonathan Agüero Valverde

0 250 500 1 000 1 500 Metros

Escala 1:35 000
Transversal Mercator 05 (CRTM05)
Coordenadas geográficas

