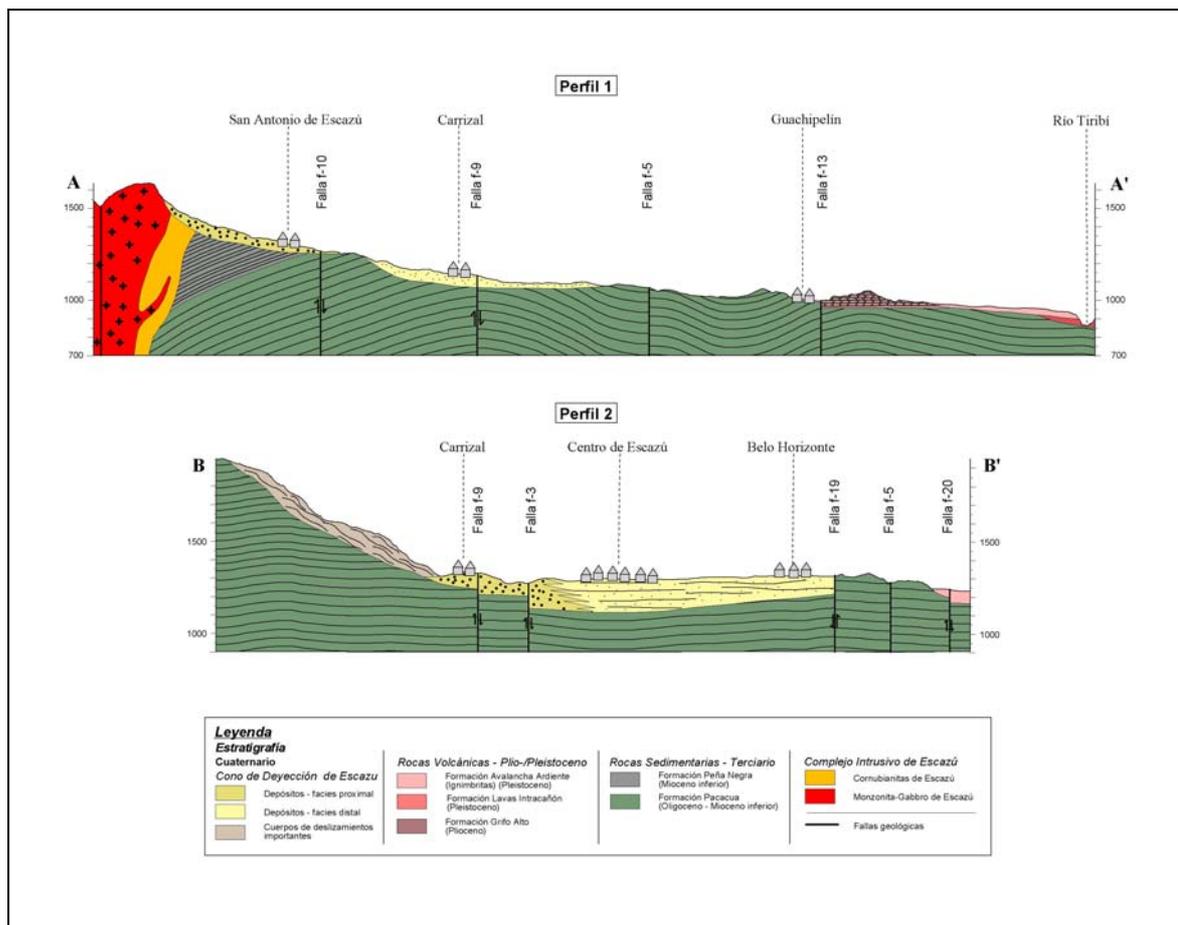


# Aplicación del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) en el Plan Regulador del cantón de Escazú y su área rural, según la metodología de la SETENA, provincia de San José, Costa Rica



## INFORME DE SINTESIS FINAL

**Autores:**  
 Dr. Allan Astorga Gättgens  
 Dr. Andreas Mende  
 M.Sc. Mario Piedra

**Presentado ante:**  
 Comisión del Plan Regulador  
 Municipalidad de Escazú,  
 San José, Costa Rica

Noviembre del 2005

## **Tabla de Contenido**

<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	3
1.3 ANTECEDENTES DE LA ZONIFICACIÓN DE IFA .....	3
1.4 FINALIDAD Y ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO .....	4
<b>2. Trabajo ejecutado y productos generados.....</b>	<b>5</b>
2.1 MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO APLICADO .....	5
2.1.1 Objetivo técnico fundamental.....	5
2.1.2 Metodología aplicada .....	5
2.1.3 Área de Trabajo .....	6
2.1.4 Equipo Profesional .....	6
2.1.5 Escala de Trabajo .....	6
2.1.6 Tiempo de Ejecución.....	7
2.2 DOCUMENTOS GENERADOS .....	7
2.2 TAREAS PRINCIPALES DESARROLLADAS Y SUS PRODUCTOS .....	8
2.2.1 Estudio Geológico .....	8
2.2.2 Estudio Geomorfológico .....	9
2.2.3 Estudio de Hidrogeología.....	10
2.2.4 Estudio de Estabilidad de Ladera .....	15
2.2.5 Estudio de Amenazas Naturales .....	16
2.2.6 Mapa de Geoaptitud de Terrenos .....	21
2.2.7 Mapa de IFA Bioaptitud.....	21
2.2.8 Mapa de IFA Edafoaptitud.....	22
2.2.9 Mapa de IFA de Antropoaptitud.....	23
2.2.10 Mapa de IFA integrado.....	24
<b>3. Síntesis de los resultados obtenidos y productos complementarios.....</b>	<b>34</b>
3.1 RESUMEN DE LOS PRODUCTOS DEL MAPA IFA .....	34
3.2 RELACIÓN ENTRE EL IFA INTEGRADO Y EL USO ACTUAL DEL SUELO.....	36
3.3 RELACIÓN DEL IFA INTEGRADO RESPECTO A LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO ESTABLECIDA EN EL PLAN REGULADOR.....	41
3.4 SOBRE EL TEMA DE VULNERABILIDAD Y RIESGO A LAS AMENAZAS NATURALES .....	47
3.5 SOBRE EL TEMA DE HIDROGEOLOGÍA .....	52
<b>4. Conclusiones y recomendaciones finales.....</b>	<b>55</b>
4.1 CONCLUSIONES PRINCIPALES .....	55
4.2 RECOMENDACIONES FINALES.....	56
<b>5. Referencias.....</b>	<b>58</b>

# **1. Introducción**

## **1.1 PRESENTACIÓN**

En este documento se presenta el informe técnico integrado que resume el trabajo realizado por el suscrito en coordinación con otros profesionales, en la elaboración del mapa de Índice de Fragilidad Ambiental para las zonas urbana y rural del cantón de Escazú, provincia de San José, Costa Rica.

## **1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO**

El desarrollo de un análisis técnico que implica la realización de “Estudios técnicos para la aplicación del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA)” con el objeto de introducir la variable ambiental en el Plan Regulador del cantón de Escazú, tanto en su zona urbana como rural, bajo el concepto metodológico del Índice de Fragilidad Ambiental, en el marco regulatorio y metodológico establecido en la Resolución 588-1997-SETENA, publicado en La Gaceta del 7 de noviembre de 1997. Todo esto a fin de obtener un enriquecimiento del Plan Regulador vigente y de una propuesta de uso del uso para la zona rural, dentro del marco de un Ordenamiento Ambiental Territorial y en cumplimiento del nuevo Reglamento General de Evaluación de Impacto Ambiental administrado por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental.

## **1.3 ANTECEDENTES DE LA ZONIFICACIÓN DE IFA**

La metodología de OAT, según lo establece la Resolución citada supra y de conformidad con la experiencia técnica desarrollada por el oferente, aplicando el concepto de zonificación por Geoptitud de Terrenos, y del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA), tiene como finalidad primordial el desarrollo de una zonificación del espacio geográfico en función de sus aptitudes naturales, a fin

de aplicar el principio de “adaptar el uso antrópico a las condiciones naturales del Medio Ambiente” y no la de adaptar el medio ambiente, al uso antrópico, principio desarrollista que induce, en algunas ocasiones, a forzar el uso del terreno en actividades no aptas para el mismo, lo cual, a la postre provoca una situación de desequilibrio ambiental.

El producto de la Zonificación de IFA, deriva en la determinación de diferentes escalas de Fragilidad Ambiental, sobre cuya base se delimitan el conjunto de limitantes técnicas para el desarrollo de los espacios geográficos en análisis. De esta forma, la Zonificación de IFA no representa un procedimiento prohibitivo para el uso del suelo, sino más bien de tipo restrictivo, es decir, que enlista el conjunto de limitantes técnicas que implica un supuesto uso antrópico.

#### **1.4 FINALIDAD Y ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO**

La finalidad principal de este informe es sintetizar los pasos realizados en la aplicación del método del IFA y referenciar los diferentes informes técnicos generados, tanto para la zona urbana, como para la zona rural. Además de ello, se hace énfasis en el producto final generado y otros subproductos considerados como relevantes para la administración ambiental del territorio del cantón.

Aparte del presente capítulo introductorio el documento se ha organizado en tres capítulos fundamentales:

- Trabajo ejecutado y productos generados,
- Síntesis de los resultados obtenidos y productos complementarios, y
- Conclusiones y recomendaciones más relevantes.

## **2. Trabajo ejecutado y productos generados**

### **2.1 MARCO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO APLICADO**

#### **2.1.1 Objetivo técnico fundamental**

Desarrollar una zonificación del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) del espacio geográfico de totalidad del cantón de Escazú, cubierto por el Plan Regulador y para la zona agrícola, en función de una categorización de 5 niveles, que incluya la lista de limitantes técnicas básicas para cada tipo de zona de IFA, en función de cuatro ejes de análisis que incluyen IFA Geooptitud, IFA Bioactitud, IFA Edafoactitud e IFA Antropoactitud; haciendo especial énfasis en el tema de amenazas naturales, cuya finalidad primordial es la de aportar a los planificadores un insumo técnico cartográfico que incorpore la variable ambiental a la planificación, para definir usos del suelo que tomen en cuenta esas limitantes técnicas y permitan propiciar un desarrollo sostenible y ecológicamente equilibrado del espacio geográfico objeto del estudio.

#### **2.1.2 Metodología aplicada**

Toda la información cartográfica fue procesada de forma digital, en un Sistema de Información Geográfico.

Las tareas investigativas a aplicadas, incluyeron:

- Trabajo de campo (por grupos y disciplinas temáticas)
- Integración, procesado y calificación (por pesos) de información previa.
- Fotointerpretación (interpretación sistemática de fotografías aéreas –verticales y oblicuas- disponibles para el área de estudio e interpretación de datos con información generada en la cartografía geológica y ambiental.

- Registro, procesado e integración temática disponible en instituciones públicas como privadas.
- Procesado de datos en un Sistema de Información Geográfico.

### **2.1.3 Área de Trabajo**

El espacio geográfico de referencia cubre el territorio del Cantón de Escazú, que estaba cubierto por el Plan Regulador y la zona rural del mismo, que no estaba cubierta por dicho Plan.

### **2.1.4 Equipo Profesional**

Quien suscribe la presente informe técnico en primer lugar ha sido el responsable de la ejecución y de coordinación del trabajo realizado. En este sentido, el autor, como Licenciado en Geología y Doctor en Ciencias Naturales cuenta con una amplia experiencia en el desarrollo de este tipo de labores.

En la realización de este trabajo autor y responsable principal del estudio contó con el apoyo de un equipo multidisciplinario, conformado por un geólogo asistente, tanto para la realización del trabajo de campo, como para el Manejo del Sistema de Información Geográfico que se utilizó, así como de Sociólogo que asumió la responsabilidad del trabajo en el campo social. A parte de eso se realizaron consultas específicas en los campos de biología, suelos y arqueología a expertos en la materia. El equipo se terminó de complementar con los aportes de la contraparte de la Municipalidad de Escazú, en el que participaron también profesionales en las disciplinas de geología, sociología y arquitectura, entre otros.

### **2.1.5 Escala de Trabajo**

La escala en que se realizó el trabajo fue a 1:10,000, obtenida a partir de la ampliación de la base cartográfica digital genera por el Ministerio del Ambiente y Energía en (1997), y reforzada con la

base cartográfica del Instituto Geográfico Nacional que esté disponible, preferentemente a las escalas 1:50.000 y 1:10.000. Para la zona agrícola se realizó un trabajo de mayor detalle a escala 1:5 000 para el cartografiado. Por cuestiones prácticas, los mapas que se presentan en este documento se presentan sobre la base de la escala 1:10000. Cabe destacar que en Atlas digital entregado a la Municipalidad de Escazú, los mapas se presentan según la escala cartográfica en que se realizó el trabajo.

### **2.1.6 Tiempo de Ejecución**

El trabajo, bajo el marco de lo arriba expuesto, fue realizado en dos etapas diferentes. La primera abarcó la zona urbana del cantón cubierta por el Plan Regulador, la cual fue ejecutada durante el primer semestre del año 2005. La segunda etapa, cubrió la zona rural, a una escala de mayor detalle (1:5000), incluyendo una consulta social en dicha zona. Este estudio se realizó durante el transcurso del segundo semestre del año 2005.

## **2.2 DOCUMENTOS GENERADOS**

A lo largo del primer trabajo realizado, y de conformidad con los términos de referencia establecidos se elaboraron tres informes técnicos a saber:

- **Informe 1.** – Aplicación de la metodología de IFA con el objeto de introducir la variable ambiental en el Plan Regulador del cantón de Escazú, San José, Costa Rica. Informe de Avance No. 1.
- **Informe 2.** – Base Técnica del Plan Regulador del Sector Urbano y alrededores inmediatos del Cantón de Escazú. Segundo Informe de Avance.
- **Informe 3.** – Base Técnica del Plan Regulador del Sector Urbano y Alrededores inmediatos del Cantón de Escazú. Tercer Informe de Avance.

Por su parte, respecto al segundo trabajo realizado, en la zona agrícola y el sector sur del cantón, se presentó un informe técnico:

- **Informe 4.** – Análisis de las características específicas de la Zona Agrícola. Índices de Fragilidad Ambiental (IFA) – Base técnica para el plan regulador del cantón de Escazú.

Este último informe técnico se numera de forma secuencial a los tres primeros por un asunto de comodidad para su respectiva cita en el presente documento.

El presente informe, que se podría designar, según la secuencia numérica descrita previamente, como el Informe 5, resume los resultados de esos cuatro informes previos, tanto para la zona urbana como para zona rural. De esta manera, el presente informe, sirve de documento integrador para ambos trabajos y a su vez como informe final para ambos.

Es importante aclarar que al ser el espíritu del presente documento presentar los resultados obtenidos y hacer énfasis en los aspectos aplicados más relevantes, no se pretende repetir los detalles técnicos que fueron expuestos en los cuatro informes previos. Dichos informes, ya en poder de la Municipalidad de Escazú, tanto de manera impresa como digital, conforman complementos técnicos del presente documento. De esta manera si el lector desea obtener más detalles técnicos sobre algún tema específico deberá recurrir a la consulta del documento en cuestión. Para facilitar la orientación del lector, en este documento dichos informes se referenciarán según su número, tal y como se indicó más arriba.

## **2.2 TAREAS PRINCIPALES DESARROLLADAS Y SUS PRODUCTOS**

### **2.2.1 Estudio Geológico**

Se realizó un **Estudio Geológico** del cantón de Escazú, a fin de sintetizar un Mapa de Geoaptitud del Factor Litopetrofísico<sup>1</sup>. Dicho estudio se realizó durante el primer trabajo a una escala 1:10000 y cubrió la totalidad del cantón. En el segundo trabajo, abarcó la denominada zona agrícola y se realizó a una escala 1:5000.

---

<sup>1</sup> Según la mitología del Cartografiado de Geoaptitud de Terrenos (cf. ASTORGA & CAMPOS, 2001).  
A. Astorga, A. Mende & M. Piedra (2005)

Para la realización del estudio se recurrió primero a realizar una revisión detallada de la información geológica disponible, tanto regional como local, para el cantón de Escazú. Las referencias de los informes técnicos consultados se presentan en el Informe 1. Además de esto, el estudio comprendió un trabajo de campo, tanto de verificación y complementación. A ello se sumó el análisis de fotografías aéreas y otros datos de imágenes de sensores remotos disponibles.

Además de la generación de un mapa geológico detallado para todo el cantón de Escazú (presentado a modo de ejemplo en la Figura 1), y de dos perfiles geológicos interpretativos (Figura 2), el estudio comprendió también una explicación de las diferentes unidades geológicas identificadas.

En el Informe 2 se presenta la información geológica regional y un primer acercamiento a la geología local del cantón de Escazú. En el Informe 3 se presentan mayores detalles sobre la geología local y sobre esa base se genera el mapa de IFA Geoaptitud por factor litopetrofísico para el cantón de Escazú.

En el Informe 3, se presenta la información geológica local de la zona agrícola y de los cerros de Escazú, elaborada sobre la base de una cartografía de detalle a escala 1:5000. Al igual que en caso anterior, se elaboró el mapa de IFA Geoaptitud por factor litopetrofísico para esta área de estudio. Con esta información se realizaron ajustes a los mapas integrales del cantón, a fin de disponer de información base integral para la generación de los mapas de IFA.

### **2.2.2 Estudio Geomorfológico**

Al igual que en el caso de geología, la primera tarea en este sentido fue la revisión de toda la información geomorfológica publicada para el cantón de Escazú y sus alrededores, tanto de tipo regional como local. Las referencias consultadas se indican en el Informe 1.

Sobre esta base se procedió a realizar una fotointerpretación de imágenes de sensores remotos y además un trabajo intenso de cartografiado geomorfológico. Trabajo que también se separó en

dos, primero para el cantón a escala 1:10000 y más tarde para la zona rural y los cerros de Escazú a escala 1:5000.

En los informes 2 y 3 se presentan los datos de geomorfología regional y local del cantón de Escazú, así como el mapa de IFA – Geoaptitud por factor geodinámico externo, sobre la base del cartografiado a escala 1:10000 para todo el cantón. En el Informe 4, por su parte, se presentan los mapas geomorfológico y de IFA – Geoaptitud por factor geodinámico externo sobre la base de un cartografiado a escala 1:5000.

Como producto final del trabajo, se ha sintetizado un mapa geomorfológico integral para el cantón de Escazú, así como el Mapa de IFA - Geoaptitud del Factor Geodinámico Externo. En los informes citados se presenta además de los mapas, la descripción de las diferentes unidades geomorfológicas identificadas, así como las limitantes técnicas identificadas por geodinámica externa respecto a las actividades de desarrollo humano.

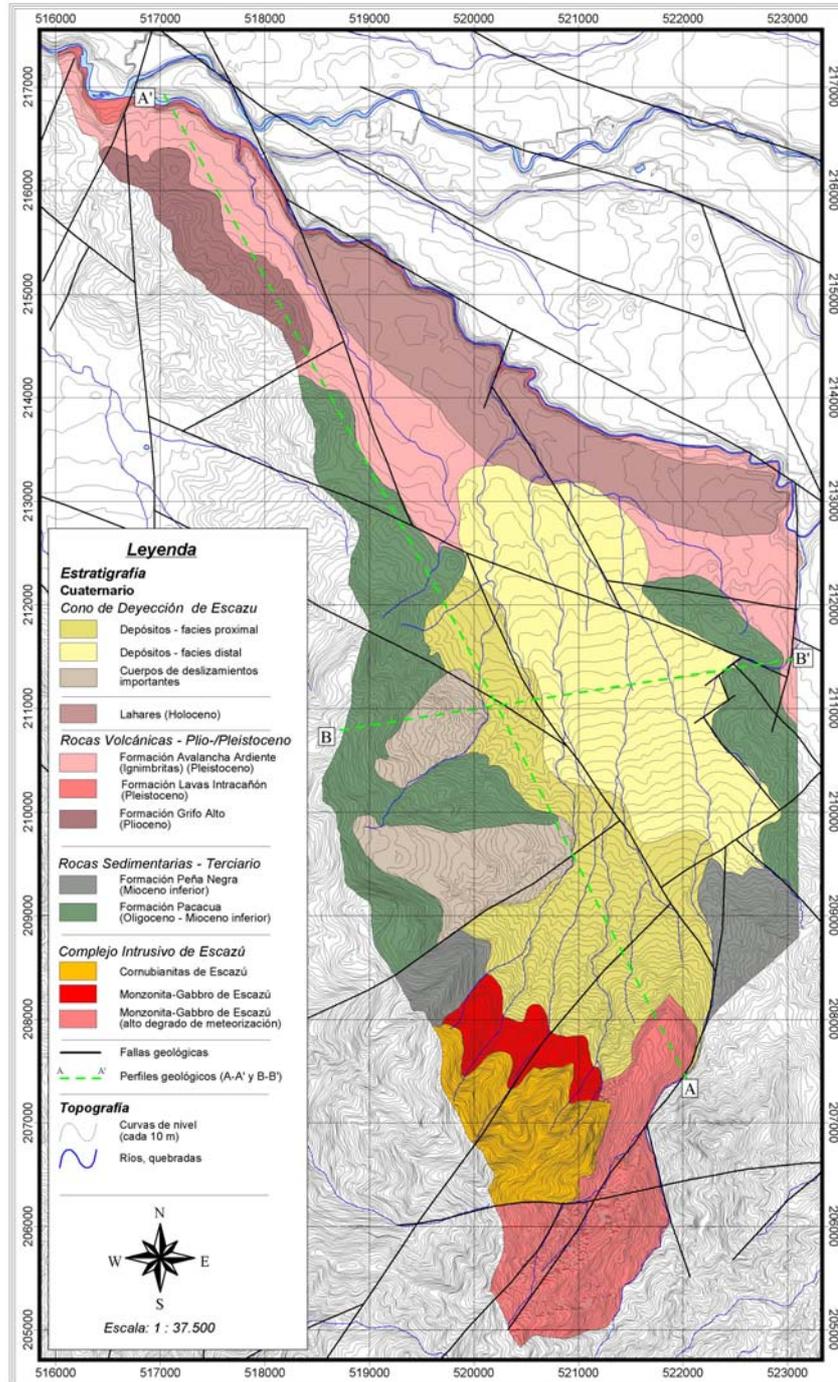
### **2.2.3 Estudio de Hidrogeología**

En este caso, la información previa se obtuvo de dos fuentes principales. La primera de ellas se refiere a las publicaciones o reportes existentes sobre la hidrogeológica regional y local del cantón de Escazú, que de paso, cabe señalar que es muy limitada (ver citas en el Informe 1). La segunda fuente de información compendió una exhaustiva revisión de los datos de pozos de extracción de aguas subterráneas registrados en el archivo nacional de pozos que tiene el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA).

Sorpresivamente se obtuvo información de una gran cantidad de pozos, la cual tuvo que ser filtrada ya que en un gran porcentaje los mismos no disponían de los datos técnicos básicos como la profundidad del nivel freático, la litología o el caudal. Los pozos que si tenían esos datos fueron integrados y procesados a fin de que aportaran insumos para el estudio hidrogeológico.

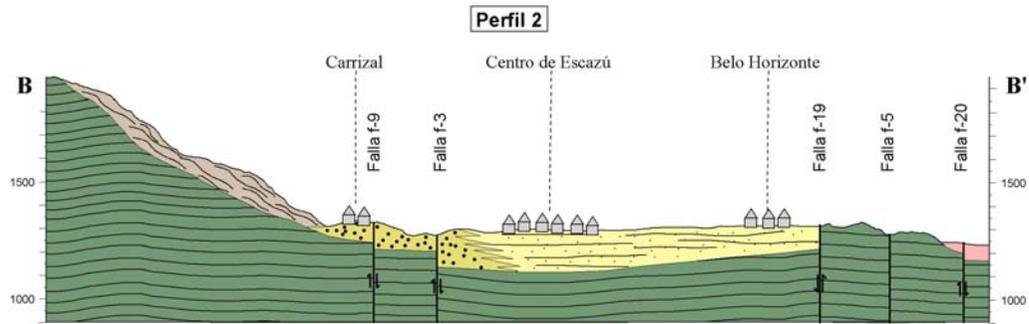
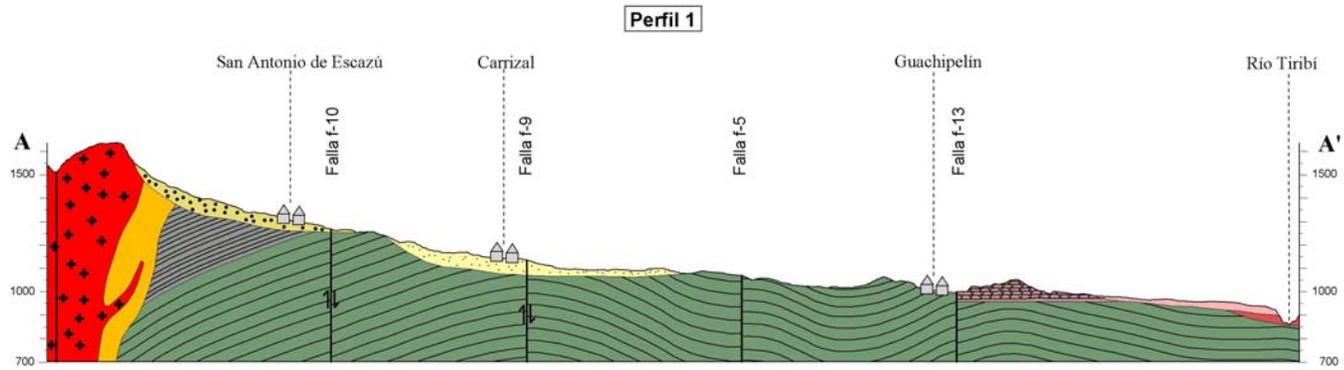
***Fig. 1. Mapa geológico integral y actualizado del cantón de Escazú. Para detalles sobre las unidades geológicas señaladas véanse los informes 1 – 4 referenciados en el texto. Se incluyen en el mapa la localización de los perfiles geológicos A – A´ y B – B´.***

**Plan Regulador de Escazú - Análisis de Índices de Fragilidad Ambiental (IFA's)**



<p><b>Geo-Resiliencia S.A.</b> Consultoría y Asesoría en Gestión Ambiental Integral para el Desarrollo Sostenible Teléfonos: 273 5353, 292 8785, 826 8551 aastorga@racsa.co.cr / amende@racsa.co.cr</p>	<p>1000 0 1000 2000 Meters</p> <p>Escala: 1 : 37,500</p> <p>Proyección Cartográfica: Lambert Norte Escala de Clark de 1886</p>	<p><b>Mapa Geológico</b></p> <p>Elaborado por: Dr. Andreas Mende &amp; Dr. Allan Astorga</p> <p>Fecha: 20.10.2005</p>
---	--	---

***Fig. 2. Perfiles geológicos del cantón de Escazú. Para su localización véase el mapa geológico de la Figura No. 1.***



**Leyenda**

Estratigrafía		Rocas Volcánicas - Plio-/Pleistoceno	Rocas Sedimentarias - Terciario	Complejo Intrusivo de Escazú
<b>Cuaternario</b>				
<b>Cono de Deyección de Escazú</b>				
Depósitos - facies proximal	Formación Avalancha Ardiente (Ignimbritas) (Pleistoceno)	Formación Peña Negra (Mioceno inferior)	Cornubianitas de Escazú	
Depósitos - facies distal	Formación Lavas Intracañón (Pleistoceno)	Formación Pacacua (Oligoceno - Mioceno inferior)	Monzonita-Gabbro de Escazú	
Cuerpos de deslizamientos importantes	Formación Grifo Alto (Plioceno)			Fallas geológicas

En consideración de la aplicación de método de los IFA, para generar el mapa de hidrogeología del cantón de Escazú, además de la información obtenida de otros autores y de los datos de los pozos, se utilizó la información de los mapas de geológicos y geomorfológicos, así como de los mapas de IFA – Geoaptitud por los factores litopetrofísico y geodinámico externo.

En los informes 2 y 3 se presenta la información de hidrogeología y de IFA – Geoaptitud para el cantón de Escazú, según la base cartográfica a escala 1:10 000. En el Informe 4 se presenta dicha información según el detalle para la Zona Agrícola y los Cerros de Escazú a escala 1: 5000.

Con los datos producidos en los dos trabajos, ha sido posible generar un mapa de Hidrogeología para la totalidad del cantón de Escazú (ver Figura 3, a modo de ejemplo), así como dos perfiles hidrogeológicos (ver Figura 4).

Es importante señalar que como producto del trabajo realizado se identificaron rocas con y sin potencial acuífero dentro del territorio del cantón. El hallazgo más importante en este sentido fue la identificación de un acuífero aluvial abierto o freático en la parte central y norte del cantón, que se localiza bajo la ciudad y al que se le designa aquí como el Acuífero Escazú.

#### **2.2.4 Estudio de Estabilidad de Ladera**

Al igual que para los temas anteriormente tratados, respecto a la Estabilidad de Ladera, se siguió un procedimiento similar. Se revisó la información disponible previamente elaborada para el cantón de Escazú y sus alrededores. Como parte de la misma fueron particularmente útiles los datos de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Desastres (CNE), tanto para el cantón como un todo (mapa de amenazas naturales), como para la parte alta de la cuenca del Río Agres.

Además, de esos datos, se realizó un intenso trabajo de campo, a dos escalas: 1:10000 en el cantón, con particular énfasis en la zona urbana y 1:5000 en la zona rural y los cerros de Escazú. En algunos casos se dio uso a datos de informes geotécnicos de suelos realizados en fincas localizadas dentro del cantón y que reportan parámetros locales para las formaciones superficiales del cantón.

El conjunto de datos previamente señalados se combinó con los resultados de los mapas geológico, geomorfológico e hidrogeológico, así como sus contrapartes en mapas de IFA – Geoaptitud. Con ello fue posible generar un mapa de Amenazas por Deslizamientos para el cantón de Escazú, así como un análisis detallado sobre este tema para el cantón (ver Informe 3). Este mismo análisis se realizó en la Zona Agrícola, a una escala 1:5000 (ver Informe 4).

Además del mapa de deslizamientos se elaboró un mapa de IFA – Geoaptitud factor amenaza por deslizamientos, en el que se zonifican las zonas de mayor riesgo dentro del cantón de Escazú (ver informes 3 y 4).

### **2.2.5 Estudio de Amenazas Naturales**

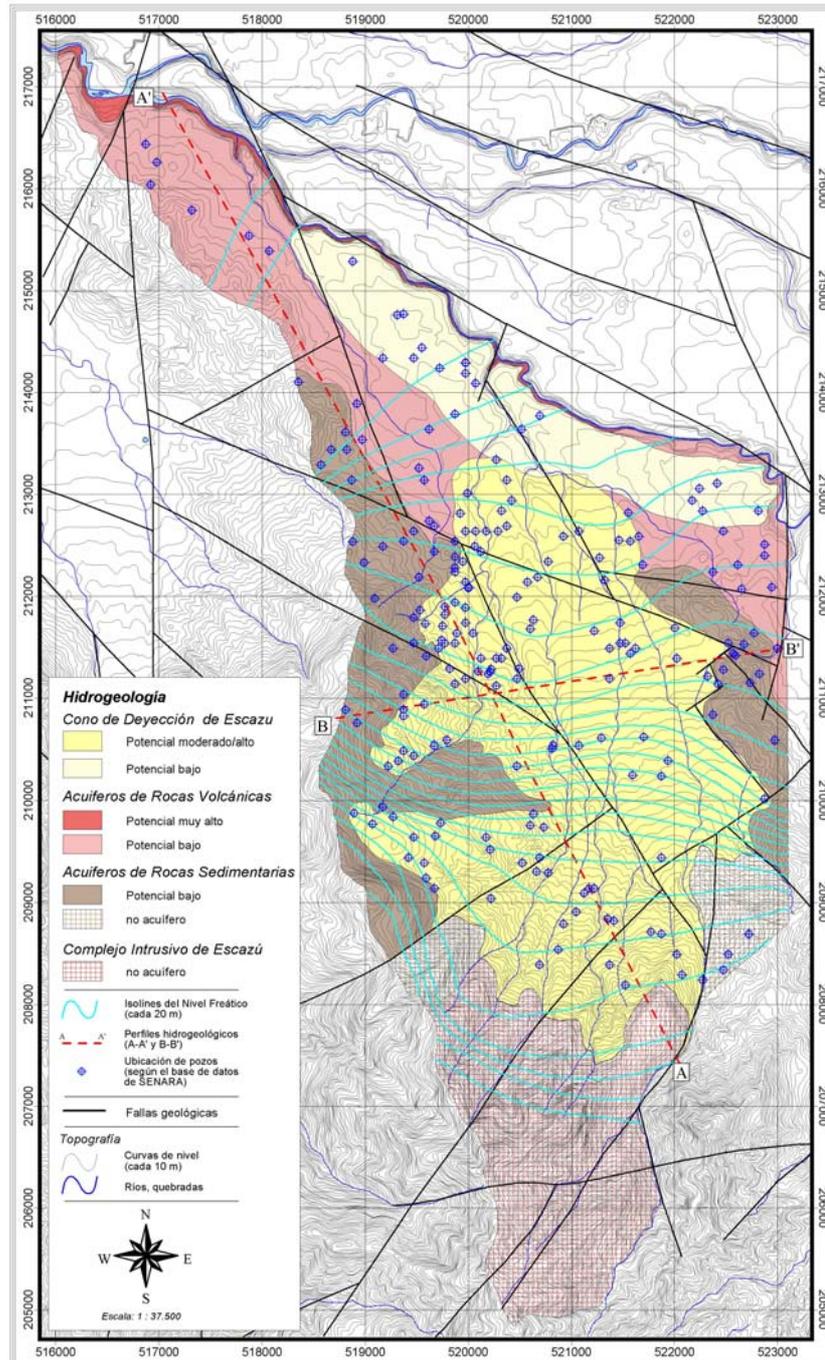
Además de la información técnica disponible sobre el tema de amenazas naturales para el cantón de Escazú (ver citas en el Informe 1), y la información técnica que sobre este tema incluía el Mapa de Amenazas Naturales de la CNE, para la estudio de amenazas naturales en el cantón, se realizó un trabajo de campo detallado (escalas 1:10000 y 1:5000) y un procesado integral de los mapas geológico, geomorfológico, hidrogeológico y de amenazas naturales.

Como parte del estudio de amenazas naturales se integraron datos técnicos adicionales sobre los temas de inundaciones, eventos sísmicos y fallas geológicas, elementos estos que, junto con los deslizamientos, representan las fuentes de amenazas naturales más relevantes que afectan el cantón de Escazú.

Como productos de trabajo en este tema y para facilitar su comprensión y asimilación, se generaron varios mapas temáticos de forma separada.

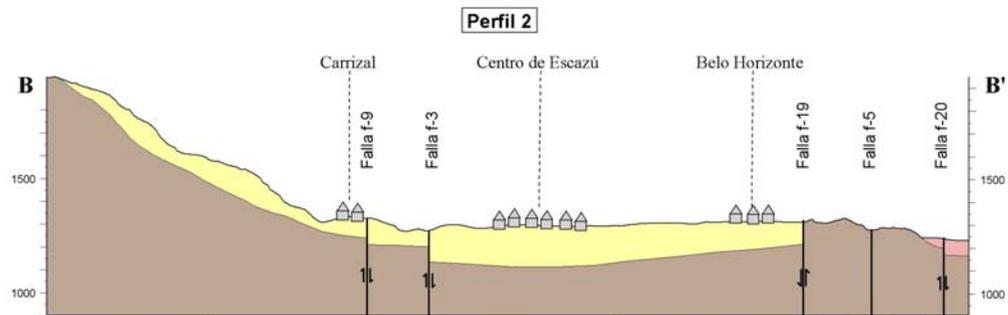
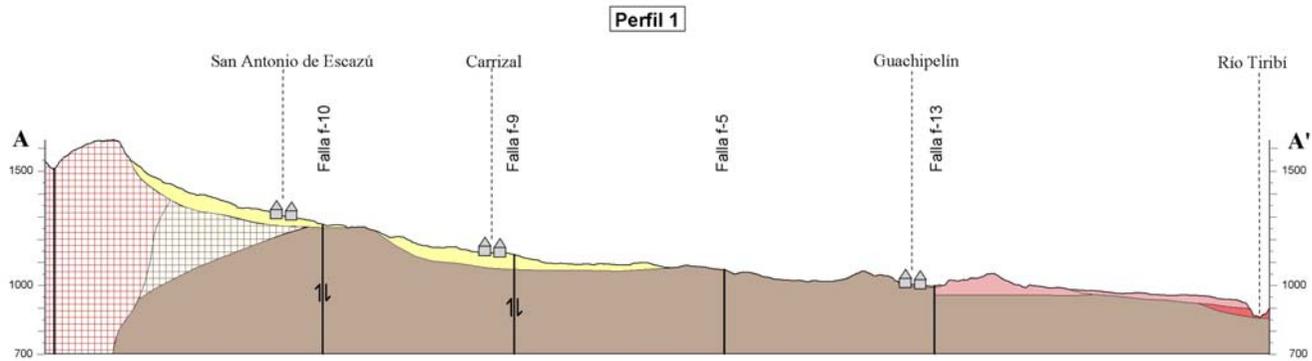
***Fig. 3. Mapa de hidrogeológico del cantón de Escazú. Para más detalles sobre las características hidrogeológicas de las unidades identificadas véanse los informes 1 – 4 referenciados en el texto. En el mapa se localizan las líneas de posicionamiento de dos perfiles hidrogeológicos, mostrados en la Figura 4. Se indican además, los principales pozos de extracción de aguas subterráneas del cantón, obtenidos según datos del archivo de pozos del SENARA.***

**Plan Regulador de Escazú - Análisis de Índices de Fragilidad Ambiental (IFA's)**



 <p><b>Geo - Resiliencia S.A.</b>                  Consultoría y Asesoría en Gestión Ambiental                  Integral para el Desarrollo Sostenible                  Teléfonos: 273 5353, 292 8785, 826 8551                  aastorga@racsa.co.cr / amende@racsa.co.cr</p>	<p>1000 0 1000 2000 Metros</p> <p>Escala: 1 : 37.500</p> <p>Proyección Cartográfica: Lambert Norte                  Esferoide Clark de 1866</p>	<p><b>Mapa Hidrogeológico</b></p> <p>Elaborado por: Dr. Andreas Mende &amp; Dr. Allan Astorga</p> <p>Fecha: 20.10.2005</p>
---	---	--

***Fig. 4. Perfiles hidrogeológicos ilustrativos de la situación del cantón de Escazú. La localización de los trazos del perfil se presenta en la Figura No. 3.***



El primer mapa elaborado corresponde con un Mapa de IFA – Geoaptitud por factor amenazas por inundaciones, tanto para la zona urbana como para la zona rural. A este respecto se realizó también un análisis detallado de las condiciones de riesgo existentes para algunos sectores del cantón (ver informes 3 y 4).

El segundo elemento contemplado se vincula al tema del potencial de sismicidad que afecta el territorio del cantón (ver Informe 3), al cual se adiciona el tema de fallas geológicas activas y potencialmente activas (ver informes 3 y 4). A este respecto es importante indicar que, tanto por trabajos de campo, como por el procesado de diversa información geológica se identificaron una serie de fallas geológicas activas dentro del cantón, para las cuales se levantaron fichas geotectónicas que facilitaron su descripción y caracterización (ver Informe 3).

Como síntesis del trabajo realizado se generó un mapa de IFA – Geoaptitud por Amenazas Naturales para todo el cantón a escala 1:10000 (Informe 3) y para la zona agrícola (Informe 4). Más adelante, en este documento se presenta el mapa de zonas de riesgo del cantón de Escazú, a modo de un producto complementario del trabajo realizado.

### **2.2.6 Mapa de Geoaptitud de Terrenos**

Una vez generados los mapas temáticos descritos previamente, así como los mapas de IFA Geoaptitud para los diversos factores, se procedió a sintetizar el mapa de IFA Geoaptitud integrado. El mismo se generó tanto para la zona central y norte del cantón de Escazú (Informe 3) como para la zona agrícola y los cerros de Escazú (Informe 4).

Como se verá más adelante este mapa comprende uno de los ejes temáticos más importantes que se consideraron para la elaboración de IFA integrado del cantón.

### **2.2.7 Mapa de IFA Bioaptitud**

Para la preparación del mapa de IFA Bioaptitud, se cumplieron los siguientes pasos:

- a) Interpretación de fotografías aéreas, respecto a sus del suelo, particularmente sobre tipos de cobertura vegetal – boscosa (primaria y secundaria), a fin de identificar los biotopos más importantes.
- b) Verificación de campo sobre tipos de cobertura boscosa y corrección temporal asociada a los cambios producidos por el brecha temporal existente entre el momento en que se tomó la fotografía aérea y el tiempo actual.
- c) Identificación de las áreas de protección de cuerpos de agua según la ley forestal vigente.
- d) Identificación de otras áreas de protección formalmente establecidas dentro del territorio del cantón.
- e) Consulta al Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) sobre la existencia de corredores biológicos regionales dentro del área del cantón.

Sobre la base de la información previa se elaboró un mapa de IFA Biótico para el cantón (zona urbana y zona rural), cuya base comprendió el mapa de uso del suelo (ver informes 3 y 4).

Es importante mencionar que en el caso de Escazú, las limitantes técnicas derivadas por este eje de información han sido muy exiguas debido a que en las pocas áreas donde se han presentando, coinciden con la existencia de importantes limitantes asociadas al eje de Geoaptitud.

### **2.2.8 Mapa de IFA Edafoaptitud**

Para la elaboración del mapa de este eje temático, se cumplió con la siguiente metodología:

- a) Consulta al Ministerio de Agricultura y Ganadería sobre los mapas de suelos existentes para el cantón de Escazú.
- b) Revisión de los mapas de Capacidad de Uso de la Tierra vigentes para el cantón de Escazú.
- c) Complementación de la información con trabajo de campo.

Es importante mencionar que tanto en el caso del MAG, como en los mapas de Capacidad de Uso de Tierra, se encontró información, pero a una escala igual o mayor a 1:50000. Esta información aunque útil como base técnica, requirió ser complementada con información de campo para poder mejorar la escala. Para ello ha sido muy útil la interacción de los datos de IFA – Geoaptitud por los factores litopetrofísico y geodinámica externa, con los datos de suelos obtenidos. Con ello ha sido posible completar y mejorar en gran medida la información sobre Edafoaptitud del cantón de Escazú, tanto para la zona cubierta por el Plan Regulador (Informe 3), como para la Zona Rural (Informe 4).

### **2.2.9 Mapa de IFA de Antropoaptitud**

Para la generación del mapa de IFA Antropoaptitud, se ha cumplido con la siguiente sucesión de pasos:

- a) Elaboración de un mapa de uso actual del suelo, según las fotos aéreas más recientes disponibles para la totalidad del cantón de Escazú.
- b) Complementación de la información del uso actual del suelo, con datos disponibles de la Municipalidad de Escazú y con datos de campo.
- c) Integración de la capa de información vinculada a la planificación de uso del suelo según el Plan Regulador del cantón, el cual es válido para su sección urbana, es decir, la parte central y norte del cantón.
- d) Inventario y caracterización sobre los usos del suelo en la parte rural del cantón, es decir, la parte sur del territorio en estudio.
- e) Consulta a las autoridades del Museo Nacional de Costa Rica sobre la presencia de sitios arqueológicos en el territorio de cantón de Escazú.

A partir de la integración de la información previa fue posible generar una Mapa de IFA de Antropoaptitud, cuya base lo conformó el mapa de uso del suelo, tanto para la zona urbana como para la zona rural (ver informes 3 y 4).

### 2.2.10 Mapa de IFA integrado

Una vez obtenidos los diferentes mapas de cada uno de los ejes temáticos de IFA (Geoaptitud, Edafoaptitud, Bioaptitud y Antropoaptitud) se procedió a la elaboración del mapa de IFA integrado. Este proceso se realizó según establece la metodología de la SETENA, con una suma de todas las variables consideradas, según la siguiente ecuación:

$$IFA \text{ (integrado)} = IFA \text{ Geoaptitud} + IFA \text{ Bioaptitud} + IFA \text{ Edafoaptitud} + IFA \text{ Antropoaptitud}$$

En el caso de Escazú, al realizar la integración previamente indicada, se notó que el IFA Bioaptitud y el IFA Antropoaptitud no estaban generando un valor significativo al proceso, dado que las limitantes técnicas que introducían, ya estaban directa o indirectamente incluidas en las limitantes aportadas por los otros dos ejes de información considerados. En razón de esto, se procedió a generar el mapa de IFA integrado, según los ejes de IFA Geoaptitud y de IFA Edafoaptitud.

En la primera parte del trabajo se generó un mapa de IFA integrado para la totalidad del cantón de Escazú, tanto el área urbana incluida en el Plan Regulador y el área rural, aunque para esta última zona se elaboró a una escala 1:10000 con los datos disponibles al momento de realizarlo (ver Informe 3). Durante la segunda parte del trabajo, se tuvo la oportunidad de afinar la información de la zona rural, con una escala más detallada (ver Informe 4).

Es importante subrayar que en el caso de la zona rural (Informe 4), el mapa de IFA generado, en razón de que no existe todavía Plan Regulador específico para esta zona, representa una base técnica para la elaboración del mismo e incluso para la toma de decisiones sobre uso del suelo en la misma.

Una vez generada la información para las dos zonas (urbana y rural), ha sido posible sintetizar un mapa de IFA integrado para todo el cantón de Escazú, el cual se presenta como la Figura No. 5.

El mapa de IFA integrado de Escazú ha sido separado en subzonas o categorías de zonas de IFA en virtud de los tipos de limitantes técnicas comunes e imperantes para cada una de ellas. Esto se hace para facilitar el análisis de cada zona, comprender sus limitantes técnicas y para agilizar la administración de las mismas (ver Figura No. 5).

Como complemento intrínseco del Mapa de IFA integrado, se presenta una matriz de limitantes técnicas y una recomendación sobre el tipo de uso del suelo que podría darse en consideración de dichas limitantes, o en su defecto las acciones que deben ejecutarse para subsanar los eventuales problemas de no conformidad que puedan darse. Esta matriz se presenta como la Tabla No. 1 en este documento.

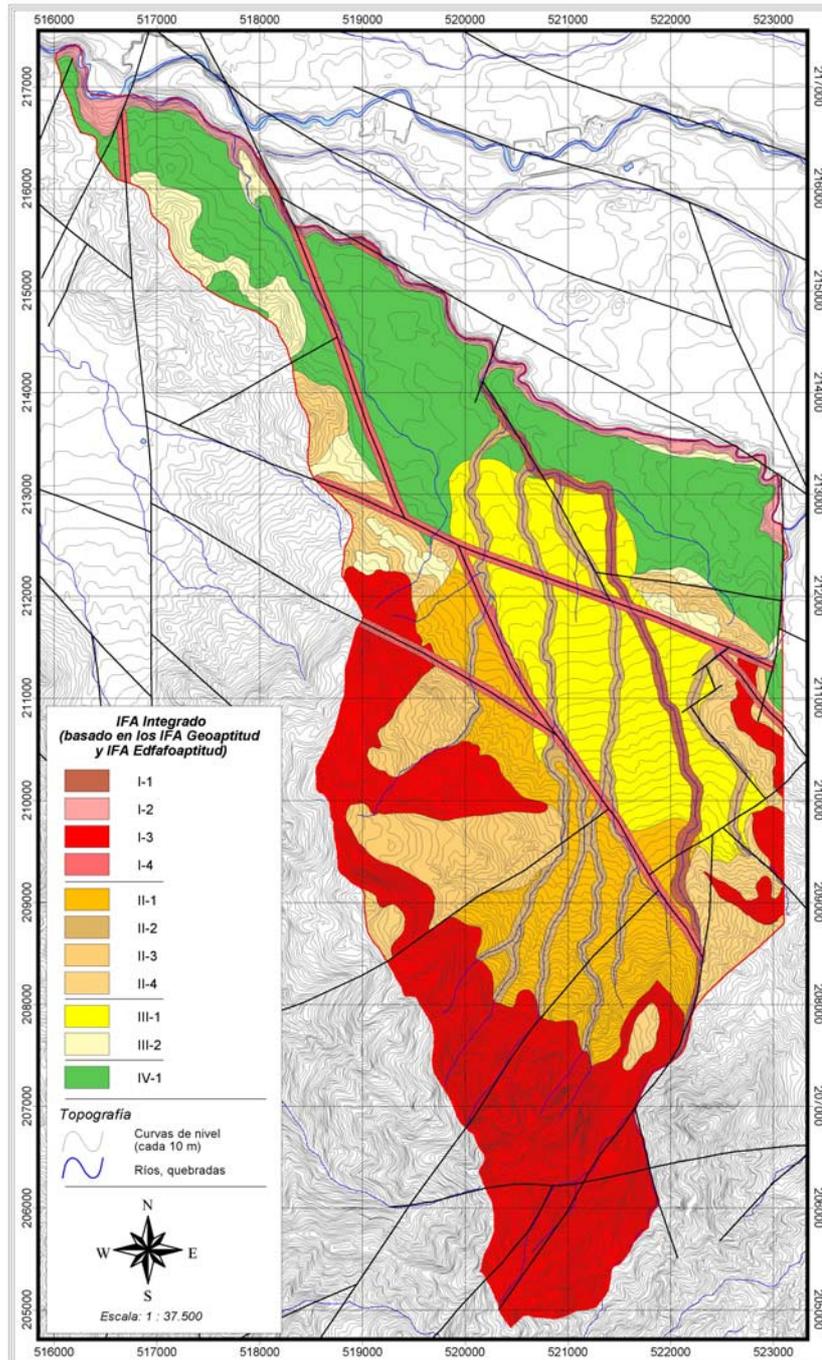
El producto final del trabajo de integración de la variable ambiental en el Plan Regulador del cantón de Escazú, tal y como se estableció en el objetivo del trabajo y en los términos de referencia del mismo, comprende el Mapa de IFA integrado, su subzonificación y la matriz de limitantes técnicas y recomendaciones de uso del suelo según dichas limitantes técnicas. Esta labor se realizó de forma completa para la totalidad del cantón de Escazú, incluyendo los resultados del primer trabajo (zona urbana cubierta por el Plan Regulador) y completada y ampliada (en escala) durante el segundo trabajo para la zona rural.

En el caso de la Zona Rural es importante destacar que al no disponerse de forma previa de una propuesta de planificación de uso del suelo, el mapa de IFA integrado y las recomendaciones de uso que el mismo propone, puede ser utilizado como base de referencia.

Otro de los elementos a tomar en cuenta en el tema de la generación del IFA integrado para el cantón de Escazú tiene que ver con una primera aproximación de la evaluación de efectos acumulativos. La misma se ha realizado como base para el desarrollo de los productos complementarios elaborados, en particular aquellos relacionados con el índice de uso y sobreuso del suelo en el cantón y que se analizan con más detalle en el siguiente Capítulo.

***Fig. 5. Mapa de IFA integrado del cantón de Escazú, después de haberse los dos trabajos (en la zona urbana y en la zona rural). Se indican además las subdivisiones de categorías de IFA, cuya explicación detallada se presenta en la Tabla No. 1.***

**Plan Regulador de Escazú - Análisis de Índices de Fragilidad Ambiental (IFA's)**



<p><b>Geo - Resiliencia S.A.</b> Consultoría y Asesoría en Gestión Ambiental Integral para el Desarrollo Sostenible Teléfonos: 273 5353, 292 8785, 826 6551 aastorga@racsa.co.cr / amende@racsa.co.cr</p>	<p>1000 0 1000 2000 Meters</p> <p>Escala: 1 : 37.500</p> <p>Proyección Cartográfica: Lambert Norte Esferoide Clark de 1866</p>	<p><b>Subclasificación del Índice de Fragilidad Ambiental (IFA) Integrado</b></p> <p>Elaborado por: Dr. Andreas Mende &amp; Dr. Allan Astorga</p> <p>Fecha: 20.10.2005</p>
---	--	--

Tabla No. 1.

Zonación y subzonación de IFA para el cantón de Escazú.

ZONA	IFA GEOAPTITUD					IFA EDAFOAPTITUD	RECOMENDACIONES PARA LAS PRÁCTICAS DEL USO SOSTENIBLE
	Litopetrofísica	Geodinámica externa	Hidrogeología	Amenaza por Deslizamiento	Otras Amenazas Naturales		
I - 1	Formaciones superficiales directamente relacionadas con el cauce del Río Agres. Condición <u>estabilidad geotécnica</u> intermedia para el soporte de edificaciones.	Alta actividad de erosión y sedimentación fluvial.	Presencia de <u>acuífero</u> aluvial, granular y abierto de alta a muy alta <u>vulnerabilidad a la contaminación</u> .	Riesgo muy alto al respecto de la amenaza por <u>avalanchas</u> que pueden descender por el cauce del río.	Riesgo muy alto de inundaciones asociadas al cauce del río, con agravamiento de la amenaza presencia de residuos sólidos en el cauce.	Suelos de fertilidad moderada. La limitante principal se relaciona con un grado alto de <u>pedregocidad</u> .	Debido a la condición de alta vulnerabilidad a los procesos de erosión y sedimentación y a las amenazas naturales, se califican como terrenos con limitaciones muy altas para la <u>ocupación humana</u> . Tienen potencial de uso para fines agropecuarios siempre cuando se toma en cuenta el peligro posible de una pérdida de esos recursos si acontecieran eventos vinculados a las amenazas naturales descritas. Dentro o en las cercanías de las <u>zonas urbanizadas</u> , es recomendable el establecimiento de corredores de zonas verdes a los dos lados del cauce, que evitará pérdidas económicas así como de vidas humanas y al mismo tiempo aumentará la calidad de vida para los ciudadanos y de su entorno ambiental. En algunos casos, sería necesario el desarrollo de obras de contención y protección, a fin de disminuir las condiciones de vulnerabilidad, para lo cual se requerirá el desarrollo de estudios técnicos específicos que determinen su conveniencia y diseño.
I - 2	Corresponde con la designada Barranca del Río Tiribí. Conformada por rocas volcánicas del Plio-/Pleistoceno (de alta dureza y estabilidad) y Lahares del Holoceno (dureza y estabilidad moderada a baja)	Los terrenos con relieve muy pronunciado (> 30°) que presentan una alta importancia de procesos de erosión y denudación.	Incluye el acuífero más importante del Cantón de Escazú (dentro de la unidad geológica de las Lavas Intracañón). Por su condición presenta un potencial de contaminación moderado/alto.	Debido a las condiciones de relieve y la presencia de formaciones de moderada a baja condición geotécnica, se presenta un riesgo serio para la generación deslizamientos.	Incluye localmente, fallas geológicas activas, dentro del piso de la barranca. También se presenta alta vulnerabilidad al desarrollo de inundaciones	Suelos residuales de poca profundidad, muy vulnerables a los procesos de erosión.	En razón del riesgo muy alto para la generación deslizamientos y a su condición geomorfológica, se califican con terrenos con muy altas limitaciones para la <u>ocupación humana</u> . En consideración de su condición de fragilidad ambiental, particularmente asociada a la geoaptitud, y las limitaciones establecidas por la legislación vigente sobre áreas de protección, el uso más apropiado para estos terrenos es de <u>áreas de protección</u> , a modo de corredores verdes asociados al cauce fluvial. Su uso más recomendable es la reforestación con el objetivo de estabilizar en todo lo posible los taludes expuestos.
I - 3	Terrenos conformados por diferentes unidades geológicas: a) Formación Peña Negra (dureza y estabilidad muy baja), b) Formación Pacacua (dureza y estabilidad moderada/baja) y c) Comubianitas de	Terrenos con relieve muy pronunciado (> 30°) que presentan una alta importancia de procesos de erosión y denudación.	Solamente los terrenos en que aparece la Formación Pacacua se presenta un acuífero de potencial intermedio, el cual presenta una condición intermedia de vulnerabilidad a contaminación de	Terrenos con una condición muy reducida de estabilidad de taludes. Se presenta una condición de alta vulnerabilidad a la generación de deslizamientos, avalanchas y caídas de bloques	Localmente pueden presentarse zonas de fallas geológicas activas y su área de seguridad asociada.	Presencia de <u>suelos residuales</u> de poca profundidad, con vulnerabilidad alta a los procesos de erosión.	En consideración de la condición reducida de estabilidad de taludes y al desarrollo de procesos de erosión, se califican con terrenos con altas limitaciones para la ocupación humana. Debido a las condiciones de alta pendiente imperante en la gran mayoría del espacio geográfico de esta unidad, y la limitada condición que presenta el suelo, el uso más recomendado para estos terrenos es el desarrollo de cobertura boscosa que retenga y proteja al suelo de los procesos erosivos. Es muy recomendable el establecimiento de proyectos de reforestación con especies nativas y pioneras en todos aquellos terrenos en los que la cobertura boscosa natural

ZONA	IFA GEOAPTITUD					IFA EDAFOAPTITUD	RECOMENDACIONES PARA LAS PRÁCTICAS DEL USO SOSTENIBLE
	Litopetrofísica	Geodinámica externa	Hidrogeología	Amenaza por Deslizamiento	Otras Amenazas Naturales		
	Escazú (dureza y estabilidad muy alta)		aguas subterráneas				original fue eliminada. El caso más serio y prioritario en este sentido, corresponde con la parte media/alta de la cuenca del Río Agres. El desarrollo de la reforestación de este terreno podría ser combinado con el uso planificado y controlado del terreno, con el desarrollo de infraestructura de ocupación humana, de muy baja densidad de cobertura (hasta un 10 %), sobre espacios geográficos de menor vulnerabilidad dentro de la unidad geográfica, y siempre y cuando, en su diseño y construcción se consideren las limitaciones geotécnicas del terreno y se establezcan apropiadas <u>medidas de estabilización de taludes</u> y seguridad de las obras. Con la finalidad de evitar un sobreuso de estos terrenos muy vulnerables se recomienda que defina el plano máximo del área de construcción dentro de un lote a 60 m <sup>2</sup> .
I-4	Zonas de terreno en los que se presenta la influencia directa de fallas activas de alta importancia. Terrenos de estabilidad variable en función las unidades estratigráficas que lo conforman, que en algunos sectores presentan condiciones de estabilidad geotécnica reducida debido a un alto grado de fracturamiento del <u>macizo rocoso</u> .	La intensidad e importancia de los <u>procesos de erosión y denudación</u> varía con el grado del relieve y las características específicas de la unidad geomorfológica correspondiente.	El potencial de contaminación de acuíferos es variable. Su condición ambiental, en aquellos terrenos donde las rocas presentan un grado de fraccionamiento significativo (permeabilidad aumentada)	La condición de vulnerabilidad a los deslizamientos y desprendimientos de roca es variable, condicionada principalmente por el relieve pronunciado y la presencia de fracturación pronunciada en el macizo rocoso.	Las zonas de influencia directa de fallas activas importantes, presentan peligro de rupturas en la superficie en el caso de <u>eventos sísmicos de alta energía</u> .	Las condiciones del suelo son variables, desde suelos delgados hasta suelos residuales espesos y de buena fertilidad.	Las zonas con peligro de rupturas superficiales originadas por fallas geológicas activas representan una limitación muy alta al desarrollo de infraestructura de ocupación humana. No se recomienda la autorización de nuevas edificaciones sobre las trazas de las fallas geológicas activas ni dentro de la zona de seguridad que se determine a la misma, por medio de un estudio neotectónico y que presenta vulnerabilidad a la ruptura en superficie. En el caso de proyectos de infraestructura de ocupación humana que se localicen en la cercanías de fallas geológicamente activas, particularmente dentro de su zona de seguridad preliminar, se recomienda la realización de un estudio neotectónico local que determine con mayor precisión la localización del trazo de la falla y en virtud de ello establezca la zona de seguridad correspondiente. Respecto a la infraestructura de ocupación humana que ya exista y que se localice en las cercanías o sobre el trazo de la falla geológica activa, se recomienda el desarrollo de actividades encaminadas a revisar la estabilidad de la estructura, la identificación de puntos vulnerables o críticos, la información a los ocupantes y la elaboración de planes emergencia ante sismos, que tomen en cuenta los resultados de los análisis locales de las edificaciones.
II-1	Formación superficial recientes relacionada con depósitos de la facies proximal del Cono de Deyección de Escazú. Presenta moderada a alta	Terrenos con importancia alta a moderada de procesos de sedimentación y erosión.	Desarrollo de acuíferos aluviales abiertos, de tipo freático, que dada esa condición presenta una condición de moderada a alta	Condición de vulnerabilidad de tipo moderada a bajo por avalanchas. En cortes de taludes mayores de 1 metro de	Localmente pueden presentarse zonas de fallas geológicas activas y su área de seguridad asociada.	Presencia de suelos con fertilidad intermedia a baja, cuyas principales limitantes técnicas son la	Las principales limitantes técnicas que presentan estos terrenos incluyen la alta importancia de procesos de sedimentación/erosión y vulnerabilidad moderada a alta a la contaminación de aguas subterráneas, lo cual tiene implicaciones respecto al uso del suelo. El hecho de que el <i>Cono de Deyección de Escazú</i> esté conformado por depósitos cuaternarios no litificados, representa también una limitante técnica para el desarrollo de

ZONA	IFA GEOAPTITUD					IFA EDAFOAPTITUD	RECOMENDACIONES PARA LAS PRÁCTICAS DEL USO SOSTENIBLE
	Litopetrofísica	Geodinámica externa	Hidrogeología	Amenaza por Deslizamiento	Otras Amenazas Naturales		
	capacidad soportante, pero vulnerabilidad en condiciones de corte.		vulnerabilidad a la contaminación.	altura.		pedregocidad y la profundidad de la capa del suelo.	<p>infraestructura de ocupación urbana, dado que esa condición aunada la amenaza por eventos sísmicos, puede inducir fenómenos de <u>amplificación sísmica</u> provocada por un sismo de alta energía.</p> <p>Adicionalmente, por esa condición de sedimentos no consolidados con agua en sus intersticios, puede inducir también la posibilidad de fenómenos de <u>liquefacción</u> ante situaciones de sollicitación sísmica, con lo cual también, se dan limitantes al desarrollo de infraestructura de ocupación humana.</p> <p>En el caso de proponer el desarrollo de infraestructura de ocupación humana, dadas las limitantes técnicas de fragilidad ambiental que presentan estos terrenos, deberá programarse una ocupación humana de baja densidad, que además considere la realización de estudios técnicos específicos que afine las condiciones técnicas de diseño y construcción que permitan superar esas limitantes. Por su naturaleza, el uso de tanques sépticos como sistema de tratamiento no debería ser aplicado, a menos que se presenten diseños y argumentaciones técnicas que demuestren que no se dará contaminación del acuífero.</p> <p>Referente al uso del suelo para actividades agrícolas y agropecuarias, deberán establecerse restricciones, vía reglamento, sobre el uso de agroquímicos y otros productos que pudieran inducir la contaminación del acuífero freático subyacente. Se deberá dar preferencia a la <u>agricultura orgánica</u>.</p>
II - 2	Formaciones superficiales constituidas por depósitos de los cauces de las quebradas Catalina, Lajas, Higueros, Cruz y Herrera. Condiciones geotécnicas de estabilidad de tipo moderado.	Condición de alta a moderada actividad con procesos de erosión y sedimentación fluvial.	Desarrollo de acuíferos aluviales de tipo freático, granular y abierto que tiene una condición de alta vulnerabilidad a la de contaminación	Respecto a la amenaza vinculada al descenso de avalanchas, presenta una condición de vulnerabilidad moderada a alta.	Condición de moderada a alta vulnerabilidad a los fenómenos de inundación y desbordamiento del cauce. Condición que se incrementa en área de acumulación de residuos sólidos.	Terrenos con suelos de fertilidad moderada a alta, cuya limitantes técnicas principales son la pedregocidad y poca profundidad de la capa del suelo.	<p>En consideración de la condición de moderada a alta vulnerabilidad a los procesos de inundaciones y la amenaza por avalanchas estos terrenos presentan una condición de muy alta limitantes técnicas al desarrollo de infraestructura de ocupación humana.</p> <p>Debido a su naturaleza y condición de fragilidad ambiental, en el ámbito de las zonas urbanas se recomienda que el uso del suelo de estos terrenos debiera estar restringido al desarrollo de áreas verdes a modo de corredores boscosos.</p> <p>En <u>áreas rurales</u>, aparte del respecto de las áreas de protección, los terrenos pueden estar usados con fines agropecuarios siempre cuando se tome en cuenta el peligro posible de una pérdida de las cosechas y sembradíos, en el caso de que suceden fenómenos naturales señalados.</p>
II - 3	Formaciones superficiales conformadas por depósitos caóticos de cuerpos antiguos	Importancia variable de procesos de sedimentación/ erosión en	Desarrollo de acuíferos aluviales, de tipo freático, granulares y	Se presenta cierto riesgo de reactivación de las <u>coronas de los deslizamientos</u>	Localmente pueden presentarse zonas de fallas geológicas activas	Se dominan suelos limo-arcillosos con características favorables para	Considerando el riesgo de una eventual reactivación de las coronas de deslizamientos antiguos y un riesgo moderado al desarrollo de deslizamientos secundarios dentro de las masas deslizadas se califica a estos terrenos como de una condición moderada a alta en limitantes técnicas al desarrollo de obras

ZONA	IFA GEOAPTITUD					IFA EDAFOAPTITUD	RECOMENDACIONES PARA LAS PRÁCTICAS DEL USO SOSTENIBLE
	Litopetrofísica	Geodinámica externa	Hidrogeología	Amenaza por Deslizamiento	Otras Amenazas Naturales		
	de deslizamientos voluminosos. Condición de estabilidad geotécnica de tipo moderada a baja.	función del grado de pendiente.	abiertos, con una condición moderada a alta a la contaminación de aguas subterráneas	<u>antiguos</u> , así como un riesgo moderado de deslizamientos secundarios dentro de las masas deslizadas.	y su área de seguridad asociada.	finas agropecuarios. En los terrenos con pendientes mayores de 15 ° se presenta una condición moderada de vulnerabilidad a los procesos de erosión de suelos	de infraestructura de ocupación humana. Desde este punto de vista, referente al desarrollo urbanístico, se recomienda un uso moderado, con densidades de ocupación de tipo bajo hasta medio, siempre y cuando su planeamiento y desarrollo contemple medidas que prevengan eventuales efectos por procesos de movimientos gravitacionales de masas. No se recomienda establecer proyectos de urbanización de alta <u>densidad de ocupación humana</u> dentro de estos terrenos. El sistema de tratamiento de aguas negras para la ocupación humana y otra infraestructura que se proponga en la zona debe contemplar, preferentemente el uso de plantas de tratamiento o en su defecto la realización de estudios técnicos de hidrogeología ambiental y de vulnerabilidad local de los acuíferos que demuestren que no existiría riesgo de contaminación con el uso de otras soluciones técnicas al tratamiento de las aguas negras y residuales que se produzcan sobre estos terrenos. Desde el punto de vista del uso agrícola y agropecuario el potencial intermedio a alto de contaminación de aguas subterráneas implica un manejo responsable de posibles contaminantes como pesticidas, combustibles o disolventes químicos. Preferentemente deberá desarrollarse agricultura orgánica o programas de reforestación.
II - 4	Terrenos de zonas montañosas con pendientes moderadas a altas constituidas en su mayoría por rocas sedimentarias de las formaciones Peña Negra (dureza y estabilidad geotécnica muy baja) y Pacacua (dureza y estabilidad geotécnica moderada a baja).	Terrenos con relieve alto a moderado y condición de vulnerabilidad de moderada a alta a los procesos de erosión y denudación.	Los terrenos donde se presenta la Formación Pacacua existe un acuífero de potencial moderado, caracterizado por una condición de vulnerabilidad moderada a la contaminación de las aguas subterráneas	Debido a las condiciones de pendiente y a la naturaleza litopetrofísica de las unidades rocosas se presenta una condición de vulnerabilidad moderada a la generación de deslizamientos, en particular en aquellos sectores en los que la pendiente tiene la misma dirección que el <u>buzamiento de las capas rocosas</u> .	Localmente pueden presentarse zonas de fallas geológicas activas y su área de seguridad asociada.	Terrenos con presencia de suelos residuales de profundidad baja a moderada, caracterizados por una condición moderada a alta de vulnerabilidad a los procesos de erosión.	En consideración de la predominancia de condiciones de relieve moderado a alto y la importancia vulnerabilidad alta a los procesos de erosión y denudación, así como una condición moderada de vulnerabilidad a la generación de deslizamientos, los terrenos en cuestión presentan limitaciones altas al desarrollo de infraestructura de ocupación humana. En consideración de las condiciones de capacidad de uso de la tierra, la gran mayoría de estos terrenos deben tener una aptitud forestal. El desarrollo de <u>infraestructura de ocupación humana</u> podría ser permitido, bajo la condición de que se trate de una densidad baja y que planificación y localización responda al desarrollo de un estudio geotécnico local de estabilidad de taludes y que en el diseño y construcción de la obra se tomen en cuenta, tanto las recomendaciones técnicas emanadas de esos estudios como las limitantes técnicas definidas en el presente documento.
III - 1	Formaciones superficiales	Terrenos con relieve	Desarrollo de acuíferos freáticos	Condiciones de vulnerabilidad baja	Localmente pueden	Terrenos con suelos de	Terrenos con pocas limitantes técnicas para el desarrollo de obras de infraestructura de ocupación humana. Los factores

ZONA	IFA GEOAPTITUD					IFA EDAFOAPTITUD	RECOMENDACIONES PARA LAS PRÁCTICAS DEL USO SOSTENIBLE
	Litopetrofísica	Geodinámica externa	Hidrogeología	Amenaza por Deslizamiento	Otras Amenazas Naturales		
	conformadas por depósitos sedimentarios no consolidados de las facies distales del Cono de Deyección de Escazú.	moderado con vulnerabilidad de baja a moderada al desarrollo de procesos de sedimentación/ erosión	de tipo aluvial, granulares y abiertos, con condición de moderada a alta vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas.	a la afectación por avalanchas.	presentarse zonas de fallas geológicas activas y su área de seguridad asociada.	fertilidad moderada a baja, con las siguientes limitantes: pedregocidad y reducida profundidad de la capa del suelo	limitantes más importantes incluyen: a) la vulnerabilidad del acuífero subyacente y b) la condición geotécnica de las formaciones superficiales que podrían favorecer el desarrollo de amplificación sísmica y la licuefacción asociadas a procesos de solicitación sísmica significativos. Respecto al desarrollo de infraestructura de ocupación humana, para superar la limitante a) se recomienda el uso de plantas de tratamiento de aguas residuales. Aunque el uso de sistemas de tanques sépticos no se recomienda, en el caso de que se propusieran como alternativa, la misma deberá ser acompañada por los <u>estudios de hidrogeología ambiental</u> que determinen su viabilidad técnica. En cualquiera de los casos, dada la naturaleza geológica del terreno, cualquiera que sea la obra de infraestructura de ocupación humana deberá respetarse de forma estricta lo establecido por el Código Sísmico de Costa Rica, respecto a los parámetros de diseño y construcción de dichas obras. Desde el punto de vista del uso agrícola y agropecuario el potencial intermedio a alto de contaminación de aguas subterráneas implica un manejo responsable de posibles contaminantes como pesticidas, combustibles o disolventes químicos. Preferentemente deberá desarrollarse agricultura orgánica o programas de reforestación.
III -2	Terrenos constituidos en su mayoría, por rocas de la Formación Pacacua (dureza y estabilidad de moderada a baja) y rocas volcánicas del Plio/ Pleistoceno (dureza y estabilidad alta).	Terrenos con relieve moderado a bajo en los que la condición de vulnerabilidad a los procesos de erosión – sedimentación se califica como de tipo bajo	La Formación Pacacua forma un acuífero de potencial intermedio, donde se presenta una condición moderada de vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas.	No se presenta ninguna limitante significativa en este tema, excepto cuando se trate de excavaciones con paredes verticales mayores de 1 metro, en las que deberán tomarse las medidas necesarias para prevenir los derrumbes de paredes.	Localmente pueden presentarse zonas de fallas geológicas activas y su área de seguridad asociada	Terreno con suelos residuales de profundidad moderada, que presenta una condición baja de vulnerabilidad al proceso de erosión de suelos. Estos suelos presentan, por lo general limitantes geotécnicas significativas.	Terrenos con pocas limitantes técnicas para el desarrollo de infraestructura de ocupación humana, excepto en lo relacionado a las zonas cercanas a las fallas geológicas activas, referente a la sustitución geotécnica del suelo con limitada capacidad soportante y el hecho de que existe cierto grado de vulnerabilidad a la contaminación acuífera, donde se presenta la Formación Pacacua como parte del macizo rocoso más superior del subsuelo. Como sistemas de tratamiento de aguas negras se sugiere el desarrollo de plantas de tratamiento, no obstante, el tratamiento mediante tanques sépticos sería viable siempre y cuando se realicen los estudios técnicos de hidrogeología ambiental local que determinen la viabilidad técnica de la solución propuesta. No se presentan restricciones respecto a la altura o extensión y densidad de ocupación humana para esta zona, la cual deberá estar sujeta más bien a criterios tales como disponibilidad del terreno, de servicios y regulaciones urbanísticas del manejo del paisaje y recursos naturales. Terrenos con pocas limitantes técnicas para el desarrollo de infraestructura de tipo industrial o comercial. Tampoco se presentan limitantes técnicas significativas, excepto las ya señaladas sobre vulnerabilidad acuífera, respecto al uso del

ZONA	IFA GEOAPTITUD					IFA EDAFOAPTITUD	RECOMENDACIONES PARA LAS PRÁCTICAS DEL USO SOSTENIBLE
	Litopetrofísica	Geodinámica externa	Hidrogeología	Amenaza por Deslizamiento	Otras Amenazas Naturales		
							suelo en actividades agrícolas y agropecuarias.
IV-1	Terrenos conformados, predominantemente, por rocas volcánicas del Plio/Pleistoceno, caracterizados por una dureza alta y baja susceptibilidad a la meteorización, y con buena estabilidad geotécnica para el soporte de infraestructura humana.	Terrenos localizado dentro de la denominada Meseta Volcánica, con relieve bajo a plano en los que la importancia de procesos de sedimentación/ erosión califica como de muy baja.	Bajo estos terrenos y a una profundidad de entre 10 y 40 m se encuentra el acuífero más importante del Cantón de Escazú que se alberga dentro de la unidad de Lavas Intracañón. La vulnerabilidad a la contaminación varía con respecto de la profundidad del acuífero en cuestión.	Debido a las condiciones de topografía predominante no existe una condición de vulnerabilidad a los movimientos gravitaciones de masas de rocas o suelos, no obstante, deberá tenerse precaución en el caso de cortes artificiales cuya profundidad o altura sea mayor de un metro.	Localmente pueden presentarse zonas de fallas geológicas activas y su área de seguridad asociada	Terrenos conformados por suelos con un alto contenido de material orgánico y un grado muy bajo de pedregocidad. La limitante principal de estos suelos volcánicos es la poca profundidad.	<p>Terrenos con reducidas limitantes técnicas para el desarrollo de actividades humanas en general, dado que presenta buenas condiciones geoaptitud.</p> <p>Referente al desarrollo de infraestructura de ocupación humana, en esta zona se presentan condiciones de baja fragilidad ambiental que permitirían una ocupación humana de alta variedad, intensidad y densidad. Desde el punto de vista de geoaptitud, no se presenta restricciones importantes desde el punto de vista de un desarrollo de infraestructura ocupación humana de tipo vertical.</p> <p>Únicamente se presentan tres limitantes a considerar: a) el hecho de que bajo el subsuelo de la zona se presenta una acuífero de alto potencial hidrogeológico, albergado en la <i>Formación Lavas Intracañón (Acuífero Colima Inferior)</i>, que se encuentra a una profundidad de entre 10 a 40 m; b) la presencia local de trazos de fallas geológicas activas y c) la baja calidad geotécnica de los suelos, debido a su enriquecimiento en materia orgánica, y condición de alta plasticidad; en el caso de una profundidad muy reducida de la capa de suelo esta última limitante es de poca consideración; en todo modo se recomienda basar fundaciones de las edificaciones de más que un piso en la capa rocosa abajo del subsuelo.</p> <p>Respecto a la limitante hidrogeológica se recomienda que las obras de infraestructura humana contemplen el manejo efectivo de las aguas residuales por medio de plantas de tratamiento, pudiendo contemplarse en el caso de desarrollo residencial la posibilidad de usar sistemas de tanques sépticos siempre y cuando medie un estudio hidrogeológico local que determine la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero respecto a la obra. Industrias y otras actividades humanas consideradas como de alto impacto/riesgo ambiental, deberían tener restricciones de desarrollo en razón de esta limitante hidrogeológica.</p> <p>La limitante por falla geológica requerirá que se realice en las cercanías de su zona de influencia (hasta 50 metros a ambos lados), la ejecución de un <u>estudio neotectónico local</u> que precise la localización de la traza de la falla y de su área de seguridad. Por su parte las edificaciones construidas ya sobre o en las cercanías de la traza de falla deberán seguir la recomendación señalada más arriba sobre este tema. En todos los casos, deberá cumplirse de forma estricta el Código Sísmico de Costa Rica (2002).</p>

## 3. Síntesis de los resultados obtenidos y productos complementarios

### 3.1 RESUMEN DE LOS PRODUCTOS DEL MAPA IFA

Tal y como se expuso en el capítulo anterior (Figura 5 y Tabla 1), para el cantón de Escazú se reconocieron 11 subzonas de fragilidad ambiental. Dicha fragilidad ambiental varía desde muy alta hasta baja. Cada subzona está caracterizada por un conjunto de limitantes técnicas, a partir de las cuales se han fijado recomendaciones sobre el uso del suelo más apropiado y equilibrado (Tabla 1).

En la Tabla No. 2 se presentan las áreas en kilómetros cuadrados y en porcentaje, respecto al área total del cantón, que tiene cada una de las subzonas de IFA integrado reconocidas en el estudio.

**Tabla No. 2**

Subclasificación del Índice de Fragilidad Ambiental basado en los IFAs Geoaptitud y Edafoaptitud en conjunto con la distribución correspondiente dentro del Cantón de Escazú.

SUBCLASIFICACIÓN DE IFA	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
I-1	0.69	2.0
I-2	0.86	2.5
I-3	8.57	24.7
I-4	1.70	4.9
II-1	3.60	10.4
II-2	1.92	5.5
II-3	2.01	5.8
II-4	2.52	7.3
III-1	4.21	12.1
III-2	1.38	4.0
IV-1	7.26	20.9
Suma	34,72	100,0

Como puede notarse las zonas de baja y moderada fragilidad ambiental abarcan el mayor porcentaje del territorio del cantón, en particular si se considera la zona urbana. Las áreas de

mayor fragilidad ambiental se asocian a las zonas de mayor pendiente al sur y al oeste del cantón, así como aquellas asociadas a las fallas geológicas activas reconocidas en el área de estudio.

Referente a las recomendaciones de uso del suelo que se establecieron a partir de la zonas de IFA integrado (Tabla 1) es importante indicar que las mismas representan una guía para los tomadores de decisiones, en este caso la Municipalidad de Escazú y su comunidad, a fin de orientarlos a buscar soluciones de desarrollo que estén en condición de equilibrio con el medio ambiente y el manejo apropiado de los recursos naturales disponibles.

Como se ha explicado previamente la recomendación sobre el uso del suelo que se realiza en la Tabla 1, conlleva dos orientaciones básicas, la primera respecto al uso del suelo futuro, a planificar para aquellos espacios geográficos para los cuales todavía existe disposición de desarrollo y la segunda para los casos en que ya existe ocupación humana, en el sentido de mejorar su condición o en su defecto corregir alguna situación de no conformidad o desequilibrio ambiental que pudiera derivarse respecto a las limitantes técnicas identificadas.

En el caso del área urbana del cantón de Escazú, en la que ya se disponía de un Plan Regulador, las recomendaciones emanadas del análisis del IFA, también se han utilizado como base para evaluar si dicha planificación es conforme con al fragilidad ambiental del terreno y sus limitantes técnicas o en su defecto para corregir o ajustar la planificación de uso del suelo propuesta. Por otro lado, respecto a la zona agrícola y los Cerros de Escazú, el resultado del mapa de IFA establece la base para completar el Plan Regulador.

De esta forma, es posible afirmar que el mapa de zonificación de IFA integrado obtenido para el cantón de Escazú, presenta la base técnica ambiental apropiada para orientar y ajustar el desarrollo y la ocupación humana en el cantón, de forma tal que se logre un desarrollo verdaderamente sostenible en el mismo.

### **3.2 RELACIÓN ENTRE EL IFA INTEGRADO Y EL USO ACTUAL DEL SUELO**

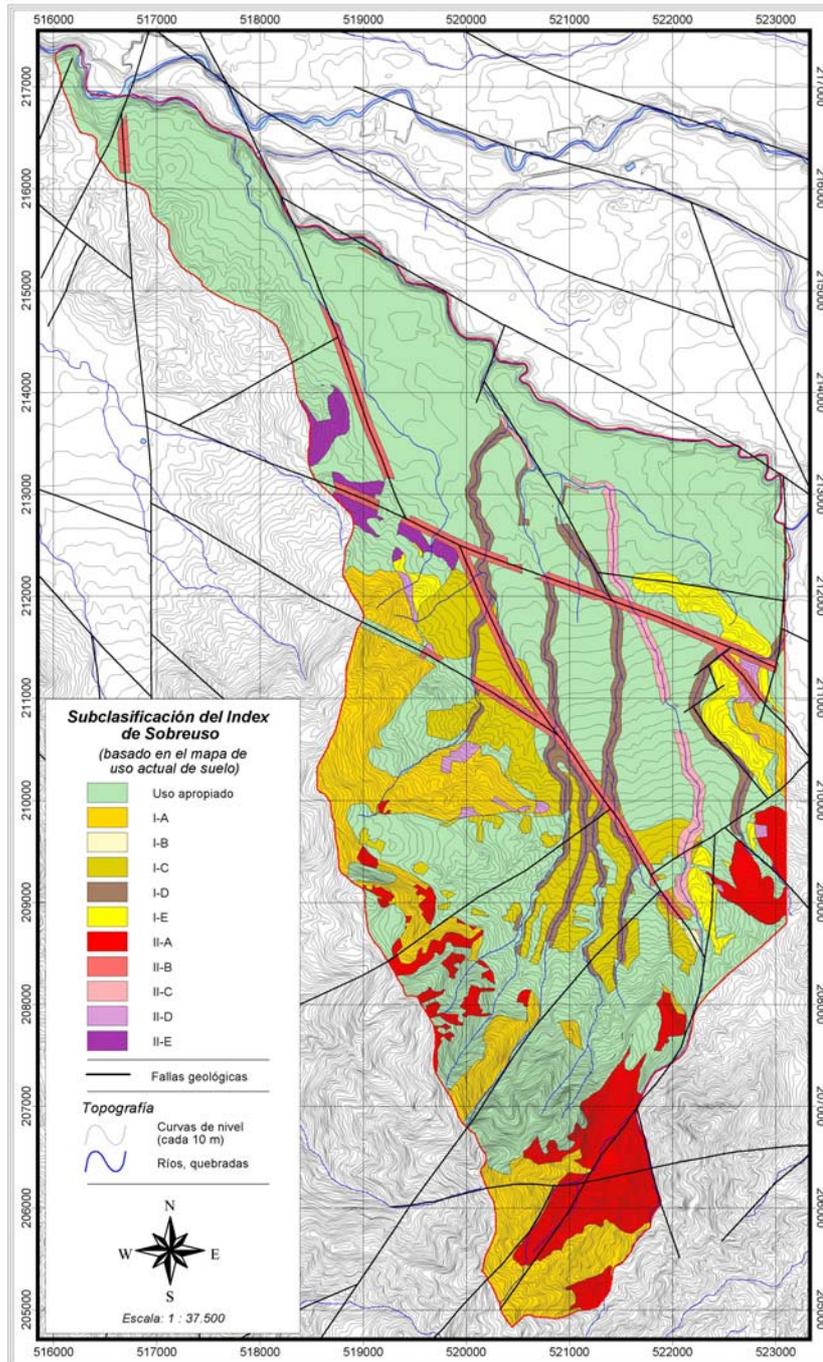
Debido a que para la generación del mapa de IFA integrado el uso del suelo actual ejerce un efecto “pasivo” en la determinación de la categoría de la fragilidad ambiental del espacio geográfico en análisis, una vez que se obtiene el mapa de IFA integrado es posible desarrollar un análisis de la condición de sobre uso del suelo basado en el mapa de uso actual del suelo, denominado Índice de sobreuso. Este mapa se presenta como Figura No. 6 en este documento. Por su parte, en la Tabla No. 3 se presenta la descripción de las unidades de sobreuso identificadas, respecto al uso del suelo actual, la zona del Plan Regulador que representa y un resumen de las limitantes técnicas más importantes que la caracterizan y determinan su condición de sobreuso.

El mapa de **Index de Sobreuso** basado en el uso actual, compara la condición de fragilidad ambiental del territorio respecto al uso que se tiene el suelo en la actualidad. Sobre esta base establece si el uso es apropiado o si no lo es. En ese último caso, desarrollada categorías de sobreuso y determina los factores o elementos ambientales que determinan esa condición, con lo cual es posible definir las medidas o acciones que pueden tomarse para enderezar o mejorar dicha situación.

En la Tabla No. 4 se presentan los tipos de uso actual del suelo y su distribución areal y porcentual en el cantón de Escazú. Esta información se realiza tanto para la zona urbana como para la zona rural del cantón. Como puede verse, las zonas urbanizadas corresponden con más del 52 % del uso del suelo del cantón. Por su parte el uso agropecuario corresponde con poco menos del 20 % y la cobertura boscosa representa algo más del 28 %. Este último aspecto, para un cantón con una superficie tan limitada resulta un dato bastante elevado y refleja la política ambiental del país en materia de protección de ecosistemas. En la Tabla No. 5 se presenta el resumen de superficies cubiertas y porcentaje de las mismas por parte de las subzonas de sobreuso del suelo respecto al uso actual de suelo. Resulta una excelente noticia para un cantón con más de un 50 % de desarrollo urbano, que el 62 % de su territorio presente una condición de equilibrio o uso conforme entre el uso actual y su condición de fragilidad ambiental. El desglose del restante 38 % del territorio y su condición de sobreuso se detalla en la referida Tabla No. 5.

***Fig. 6 Mapa de subclasificación del Índice de Sobreuso del suelo basado en el mapa de uso actual del suelo del cantón de Escazú.***

**Plan Regulador de Escazú - Análisis de Índices de Fragilidad Ambiental (IFA's)**



 <p><b>Geo - Resiliencia S.A.</b> Consultoría y Asesoría en Gestión Ambiental Integral para el Desarrollo Sostenible Teléfonos: 273 5353, 292 8785, 826 6551 aastorga@racsa.co.cr / amende@racsa.co.cr</p>	<p>1000 0 1000 2000 Meters</p> <p>Escala: 1 : 37.500</p> <p>Proyección Cartográfica: Lambert Norte Esférico Clark de 1866</p>	<p><b>Subclasificación del Index de Sobreuso</b> (basado en el mapa de uso actual de suelo)</p> <p>Elaborado por: Dr. Andreas Mende &amp; Dr. Allan Astorga</p> <p>Fecha: 20.10.2005</p>
---	---	--

Tabla No. 3

Caracterización de subzona de sobreuso del suelo según el uso actual del terreno

ZONA DE SOBREUSO	USO ACTUAL	ZONA PLAN REGULADOR	LIMITANTES TÉCNICAS
<b>I-A</b>	zonas urbanizadas de densidad moderada a alta	zona agrícola, zonas residenciales de media densidad (ZRMD)	importancia alta a moderada de procesos de sedimentación y erosión, acuíferos aluviales abiertos, moderado a alto potencial de contaminación de aguas subterráneas, riesgo intermedio/bajo por avalanchas, suelos con fertilidad intermedia/baja (principales limitantes: pedregosidad, profundidad de la capa del suelo)
<b>I-B</b>	zonas urbanizadas de densidad moderada	zona agrícola, zonas residenciales de media densidad (ZRMD)	terrenos con relieve alto/moderado y importancia intermedia a alta de procesos de erosión y denudación, incluye áreas con acuíferos de potencial intermedio en el subsuelo (Formación Pacacua), donde existe un peligro intermedio de contaminación de aguas subterráneas; peligro moderado para la generación de deslizamientos, incluye localmente fallas geológicas activas, suelos residuales de profundidad baja a moderada, peligro intermedio/alto de erosión de suelos
<b>I-C</b>	cobertura boscosa con un grado intermedio/alto de degeneración y fragmentación	en su mayoría ubicados dentro de la zona protectora Cerros de Escazú	terrenos con relieve muy pronunciado y alta importancia de procesos de erosión y denudación, estabilidad de taludes muy reducida, riesgo pronunciado para la generación de deslizamientos, avalanchas así como caídas de bloques
<b>II-A</b>	zonas urbanizadas de densidad moderada a alta	ZRAD (Zona Residencial - Alta Densidad), ZMPIC (Zona Mixta de Pequeña Industria y Comercio), ZCL (Zona de Comercio Lineal)	zonas de influencia directa de fallas activas importantes, peligro de rupturas en la superficie en el caso de eventos sísmicos de alta energía
<b>II-B</b>	zonas urbanizadas de densidad moderada a alta	zona agrícola, zonas residenciales de media/alta densidad (ZRMD, ZRAD)	zonas de influencia directa de los cauces del Río Agres y las quebradas Catalina, Lajas, Hígueronas, Cruz y Herrera; alta/moderada actividad de erosión y sedimentación fluvial; riesgo alto/moderado al respecto de la amenaza por avalanchas, riesgo alto/moderado de inundaciones, acuíferos aluviales abiertos, alto potencial de contaminación; suelos de fertilidad moderada, limitante principal: grado alto de pedregosidad
<b>II-C</b>	zonas urbanizadas de densidad moderada	en su mayoría ubicados dentro de la zona agrícola	terrenos con relieve muy pronunciado y alta importancia de procesos de erosión y denudación, estabilidad de taludes muy reducida, riesgo pronunciado para la generación de deslizamientos, avalanchas así como caídas de bloques
<b>II-D</b>	pastos, pastos con árboles, plantaciones de coníferas, agricultura	en su mayoría ubicados dentro de la zona protectora Cerros de Escazú	terrenos con relieve muy pronunciado y alta importancia de procesos de erosión y denudación, estabilidad de taludes muy reducida, riesgo pronunciado para la generación de deslizamientos, avalanchas así como caídas de bloques

Tabla No. 4

Tipos de uso actual de suelo y la distribución correspondiente dentro del Cantón de Escazú.

TIPOS DE USO DE SUELO	ÁREA (KM <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
<b>Zonas Urbanizadas</b>	<b>18,06</b>	<b>52,1</b>
Zonas urbanizadas - densidad alta	7,37	21,2
Zonas urbanizadas - densidad moderada	9,44	27,1
Zonas urbanizadas - densidad baja	0,56	1,6
Zonas urbanizadas - áreas verdes	0,75	2,2
<b>Uso Agropecuario</b>	<b>6,81</b>	<b>19,6</b>
Pasto con árboles (ganadería)	2,53	7,3
Pasto (ganadería)	2,37	6,8
Agricultura	1,47	4,3
Plantaciones de Coníferos	0,42	1,2
<b>Cobertura boscosa</b>	<b>9,81</b>	<b>28,3</b>
Bosque primario	2,15	6,2
Bosque secundario	2,90	8,4
Bosque secundario mezclado con pasto	4,76	13,7
Suma	34,72	100,0

Tabla No. 5

Clasificación de Sobreuso basado en el uso actual de suelo y la distribución correspondiente dentro del Cantón de Escazú.

Clasificación de Sobreuso	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
<b>Uso Apropiado</b>	21.42	61.7
I-A	1.98	5.7
I-B	1.32	3.8
I-C	4.36	12.6
II-A	1.23	3.5
II-B	1.86	5.4
II-C	0.33	1.0
II-D	2.22	6.4
Suma	34,72	100,0

Las áreas del cantón de Escazú en donde se ha detectado un uso del suelo apropiado significan que el uso del suelo actual se encuentra en condición de equilibrio respecto a la fragilidad ambiental del territorio y en partir, respecto a sus limitantes técnicas.

Por su parte, las otras áreas en las que se identificó algún grado de sobreuso, se hace necesario el desarrollo de medidas o acciones correctivas que induzcan a mejorar la condición de equilibrio ambiental de esos espacios geográficos. En caso de requerirse de una priorización deberán considerarse como estratégicas las que presentan tonos de color rojo en el mapa, es decir de la zona II – D y bajando gradualmente hasta la zona I – A en el mapa de la Figura No. 6. La planificación y ejecución de esas acciones o medidas, deben ser establecidas por la Municipalidad y la comunidad del cantón, y deben ser tomadas en cuenta cuando en lo referente a los nuevos desarrollos que se propongan en esas zonas.

### **3.3 RELACIÓN DEL IFA INTEGRADO RESPECTO A LA PLANIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO ESTABLECIDA EN EL PLAN REGULADOR**

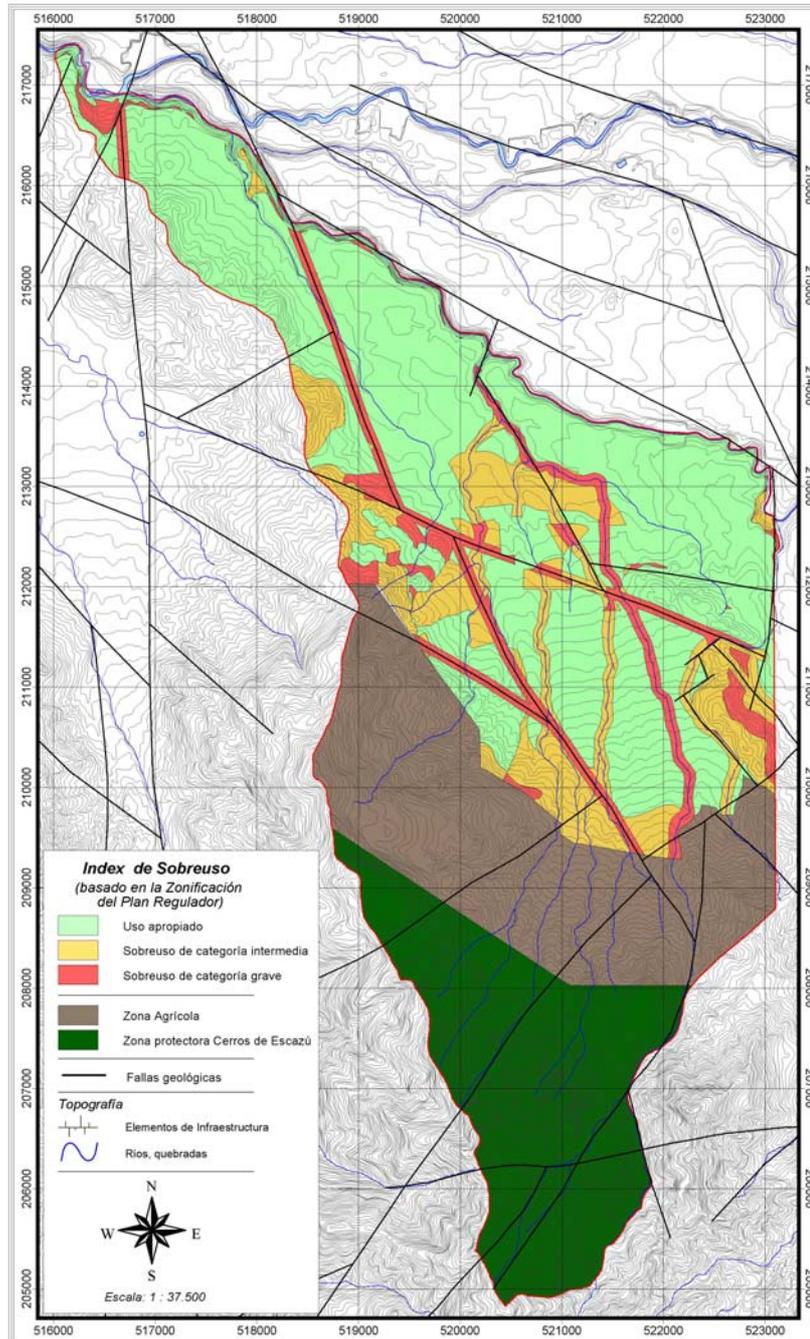
En el mapa de la Figura No. 7 se presenta el mapa que compara el IFA integrado respecto a la planificación de uso del suelo establecida en el Plan Regulador. Al igual que para el caso discutido en la sección anterior, el objetivo de este análisis es el de identificar si los diferentes tipos de usos del suelo establecidos en el Plan Regulador son concordantes o no respecto a la fragilidad ambiental que presentan los espacios geográficos en donde se localizan.

Para los casos en que no se detecte ninguna incompatibilidad entre el uso del suelo planificado y la fragilidad ambiental, se trata de un Uso Apropiado. Como en el caso anterior, esto quiere decir que el desarrollo productivo planteado no presenta una condición de sobreuso del terreno y que guardando ciertas precauciones y aplicando determinadas medidas ambientales, no existiría problema alguno de ejecutar el desarrollo planteado en el Plan Regulador.

Las otras áreas que no pertenecen al ámbito del Uso Apropiado, se califican como áreas de sobreuso “potencial” y en este caso, el desarrollo propuesto en el Plan Regulador requiere ser complementado o ajustado según las limitantes técnicas definidas dentro del IFA integrado.

***Fig. 7. Mapa de sobreuso del suelo basado en la planificación de uso del suelo establecida en el Plan Regulador de la Municipalidad de Escazú, que cubre únicamente el sector urbano del mismo.***

**Plan Regulador de Escazú - Análisis de Índices de Fragilidad Ambiental (IFA's)**



 <p><b>Geo-Resiliencia S.A.</b> Consultoría y Asesoría en Gestión Ambiental Integral para el Desarrollo Sostenible Teléfonos: 273 5353, 292 6785, 826 8551 aastorga@racsa.co.cr / amende@racsa.co.cr</p>	<p>0 1000 2000 Meters</p> <p>Escala: 1 : 37.500</p> <p>Proyección Cartográfica: Lambert Norte Esférico: Clark de 1966</p>	<p><b>Índice de Sobreuso</b> (basado en la Zonificación del Plan Regulador)</p> <p>Elaborado por: Dr. Andreas Mende &amp; Dr. Allan Astorga Fecha: 20.10.2005</p>
---	---	---

En la Tabla No. 6 se presentan las características principales de las zonas de sobreuso identificadas para este caso. En dicha tabla se le asigna un nombre a cada zona de sobreuso identificada, se le señala además, a que zona corresponde según el Plan Regulador y también se le indica el tipo de subzona de IFA integrado a que pertenece. Sobre esta base se realiza un listado de las limitantes técnicas más importantes que deberán considerarse para planificar poder ejecutar el uso del suelo en estas zonas.

Es importante señalar que así como el mapa de sobreuso respecto al uso actual del terreno analizado en la sección anterior, es útil para el establecimiento de medidas de mitigación y ajuste al desarrollo del cantón respecto a las zonas ocupadas y en uso; el mapa de sobreuso respecto a la planificación de uso del suelo proyectada y planteada por el Plan Regulador, permite establecer acciones concretas respecto a ese desarrollo programado.

Así, por ejemplo, las áreas de Uso Apropriado, pueden seguir siendo desarrolladas tal y como están programadas en el Plan Regulador en cumplimiento del marco jurídico vigente y respetando los lineamientos ambientales emitidos por las autoridades, en particular las ambientales. Para esta zona en particular, se cumple muy bien lo establecido por el Reglamento General de Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental que administra la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), respecto al hecho de que una vez que el Plan Regulador dispone de la viabilidad (licencia) ambiental aprobada por dicha Secretaría Técnica, los proyectos, obras o actividades de la categoría B2 deberán cumplir con el trámite que sigue la categoría C, es decir, por medio del documento ambiental D-2, cuya gestión se lleva a cabo en un máximo de 10 días.

Sobre este mismo tema, para las áreas de sobreuso detectadas en el Plan Regulador (ver Figura 7 la Tabla No. 6), la situación antes descrita no aplica de forma tan directa, dado que las actividades, obras o proyectos deberán demostrar tanto a la Municipalidad, como a la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) que en su diseño y eventual desarrollo implementarán las medidas ambientales necesarias para respetar y superar las limitantes técnicas establecidas por el IFA integrado y formalizadas como parte del Plan Regulador del cantón de Escazú.

En la Tabla No. 7 se presenta un resumen sobre las zonas de sobreuso identificadas, el área que cubren y el porcentaje de terreno que representan respecto al área total del cantón.

**Tabla No. 6**

Zonas de subreuso del suelo respecto a la planificación del Plan Regulador y el mapa de IFA integrado

ZONA DE SOBREUSO	ZONA PLAN REGULADOR	IFA INTEGRADO	LIMITANTES TÉCNICAS
<b>I-A</b>	ZRMD (Zona Residencial - Media Densidad)	I-4	Zonas de influencia directa de fallas activas importantes, peligro de rupturas en la superficie en el caso de eventos sísmicos de alta energía.
<b>I-B</b>	ZRMD (Zona Residencial - Media Densidad)	II-1, II-2	Importancia alta/moderada de procesos de sedimentación/ erosión, acuíferos aluviales abiertos, alto potencial de contaminación de aguas subterráneas, riesgo intermedio/bajo por avalanchas y inundaciones
<b>I-C</b>	ZRMD (Zona Residencial - Media Densidad)	II-4	Terrenos con relieve alto/moderado y importancia intermedia a alta de procesos de erosión y denudación, incluye áreas con acuíferos de potencial intermedio en el subsuelo (Formación Pacacua), donde existe un peligro intermedio de contaminación de aguas subterráneas; peligro moderado para la generación de deslizamientos, incluye localmente fallas geológicas activas.
<b>I-D</b>	ZCEA (Zona Construcción de Edificios en Altura)	III-1	Terrenos formados por la facies distal del <i>Cono de deyección de Escazú</i> con predominancia de gravas, arenas y un contenido variable de bloques. La unidad litológica en cuestión está caracterizada por una alta variabilidad al respecto de la composición litológica, que puede generar ciertos problemas al respecto del soporte para edificios. Alto potencial de contaminación de aguas subterráneas.
<b>II-A</b>	ZRAD (Zona Residencial - Alta Densidad), ZMPIC (Zona Mixta de Pequeña Industria y Comercio), ZCL (Zona de Comercio Lineal)	I-4	Zonas de influencia directa de fallas activas importantes, peligro de rupturas en la superficie en el caso de eventos sísmicos de alta energía.
<b>II-B</b>	ZRAD (Zona Residencial - Alta Densidad), ZRMD (Zona Residencial - Media Densidad), ZCL (Zona de Comercio Lineal)	I-1	Zonas de influencia directa de los cauces del Río Agres y las quebradas Catalina, Lajas, Higueroles, Cruz y Herrera; alta/moderada actividad de erosión y sedimentación fluvial; riesgo alto/moderado al respecto de la amenaza por avalanchas, riesgo alto/moderado de inundaciones, acuíferos aluviales abiertos, alto potencial de contaminación.
<b>II-C</b>	ZRBD (Zona Residencial - Baja Densidad), ZRMD (Zona Residencial - Media Densidad)	I-3	Terrenos con relieve muy pronunciado y alta importancia de procesos de erosión y denudación, estabilidad de taludes muy reducida, riesgo pronunciado para la generación de deslizamientos, avalanchas así como caídas de bloques.

Tabla No. 7

Clasificación de Sobreuso basado en la zonificación del Plan Regulador y la distribución correspondiente dentro del Cantón de Escazú

<b>CLASIFICACIÓN DE SOBREUSO</b>	<b>ÁREA (KM<sup>2</sup>)</b>	<b>ÁREA (%)</b>
Uso Apropriado	15.80	45.5
I-A	1.00	2.9
I-B	1.60	4.6
I-C	0.37	1.1
I-D	0.16	0.5
II-A	0.21	0.6
II-B	0.92	2.6
II-C	0.31	0.9
Zona Agrícola	7.67	22.1
Zona de Protección – Cerros de Escazú	6.68	19.2
Suma	34,72	100,0

Como puede notarse de la Tabla No. 7, el área de Uso Apropriado con respecto al área total del cantón representa el 45.5 %. Si solo se considera el porcentaje de terreno cubierto por el Plan Regulador del cantón de Escazú, esa categoría representa el 75 %. Por su parte, las áreas en condición de sobreuso en sus diferentes categorías (Tabla No. 7) representan 13 % del total del cantón y un 22 % del área cubierta por el Plan Regulador.

Estos resultados son muy positivos para el cantón de Escazú, en la medida de que señalan que en un gran porcentaje del territorio planificado en el Plan Regulador, las propuestas de desarrollo que se incluyen son concordantes y conformes con la condición de fragilidad ambiental del territorio en la que se plantean.

Tal y como se señaló previamente, las áreas no analizadas en esta sección debido a que no han sido objeto de planificación de uso del suelo, tales como la zona agrícola y los Cerros de Escazú, deberán ser planificadas en una fase ulterior, para lo cual se recomienda que se cumplan los lineamientos establecidos en el Mapa de IFA integrado y se consideren los resultados de sobreuso.

### **3.4 SOBRE EL TEMA DE VULNERABILIDAD Y RIESGO A LAS AMENAZAS NATURALES**

Otro de los productos complementarios del trabajo realizado tiene que ver con el tema de la vulnerabilidad e identificación de zonas de riesgo a las amenazas naturales.

En el mapa de la Figura No. 8 se presenta el mapa de zona de riesgo natural del cantón de Escazú. Se le denomina como mapa de “riesgo” en la medida de que el desencadenamiento de un fenómeno natural en cualquiera de las zonas indicadas provocaría, dado el grado de ocupación humana que tiene el cantón de Escazú, efectos directos e indirectos en las actividades humanas, tanto en las personas como en sus propiedades.

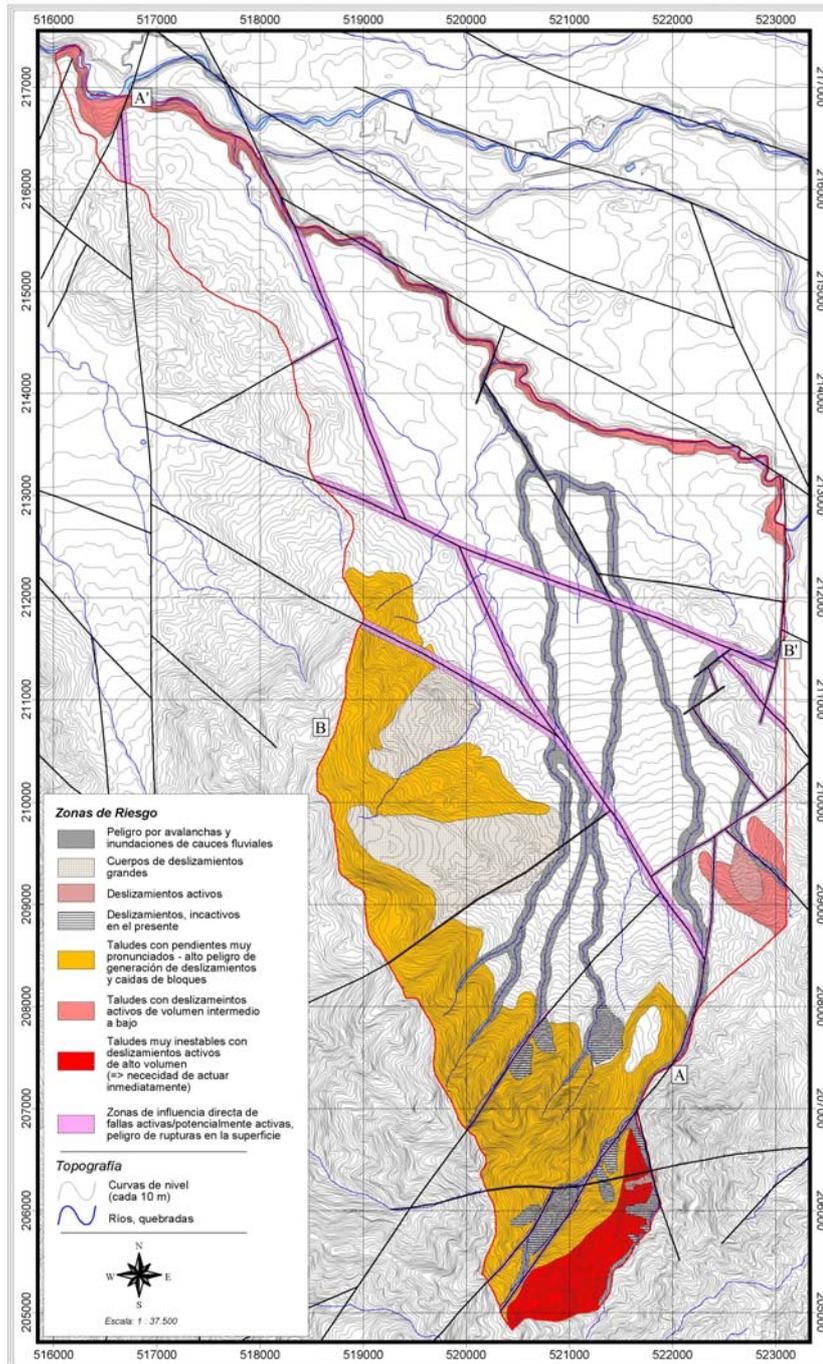
El mapa de zonas de riesgo que se presenta en el Figura No. 8 se ha elaborado tomando en cuenta la información generada por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Desastres (CNE), así como otros estudios específicos realizados por esta y otras entidades para el cantón de Escazú, en particular referente a la parte alta de la cuenca del Río Agres. Además de la información de la CNE, el mapa indicado se ha elaborado en virtud de la información compilada y generada por el mapa de IFA Geoaptitud, en particular los factores de estabilidad de ladera y de amenazas naturales.

De esta manera, puede afirmarse que el mapa de la Figura No. 8 representan una versión más completa y detallada del mapa de riesgo de la CNE y como tal, se presenta aquí de forma individual, a fin de que pueda ser útil a la población escazucaña, a su gobierno local y en particular a la Comisión de Emergencias local.

En el mapa de la Figura 8 se han identificado nueve diferentes categorías de fuente de riesgo natural para el cantón de Escazú, que varían desde zonas de avalanchas e inundaciones asociadas a los cauces activos de los ríos, hasta zonas de trazo e influencia directa de fallas geológicas activas. La caracterización detallada de estas zonas de riesgo se presenta en la Tabla No. 8.

***Fig. 8. Mapa de riesgos naturales del Cantón de Escazú.***

**Plan Regulador de Escazú - Análisis de Índices de Fragilidad Ambiental (IFA's)**



 <p><b>Geo - Resiliencia S.A.</b> Consultoría y Asesoría en Gestión Ambiental Integral para el Desarrollo Sostenible Resiliencia S.A. Astorga, Mende &amp; Asociados</p>	<p>Teléfonos: 273 5353, 292 8785, 826 8551 aastorga@racs.co.cr / amende@racs.co.cr</p>	<p>0 1000 2000 Meters</p> <p>Escala: 1 : 37.500</p> <p>Proyección Cartográfica: Lambert Norte Esteroido Clark de 1866</p>	<p><b>Zonas de Riesgo - Amenazas Naturales</b></p> <p>Elaborado por: Dr. Andreas Mende &amp; Dr. Allan Astorga</p> <p>Fecha: 20.10.2005</p>

**Tabla No. 8**

Caracterización de las zonas de riesgo natural del Cantón de Escazú

ZONA DE RIESGO	CARACTERÍSTICAS
<b>Área de Influencia Directa de Cauces Fluviales - Peligro por Avalanchas y Inundaciones Fluviales</b>	<p>Zonas de influencia directa de los cauces del Río Agres y las quebradas Catalina, Lajas, Higuieronos, Cruz y Herrera. Las zonas en cuestión están caracterizadas por una alta actividad de erosión y sedimentación fluvial así como un riesgo alto de inundaciones fluviales.</p> <p>Igualmente están afectadas por avalanchas que pueden descender por los cauces fluviales. Este peligro es muy severo en el caso del cauce del Río Agres, mientras en los casos de los cauces de las quebradas Catalina, Lajas, Higuieronos y Cruz el peligro está reducido de forma liviana por razón la estructura geológica menos inestable de las partes medias/altas de las microcuencas correspondientes.</p>
<b>Cuerpos de Deslizamientos Voluminosos Subrecientes</b>	<p>Zonas conformadas por depósitos caóticos de cuerpos antiguos de deslizamientos voluminosos. La condición de estabilidad geotécnica se presenta de tipo moderada a baja. Existe un cierto riesgo de reactivación de las coronas de los deslizamientos antiguos, así como un riesgo moderado de deslizamientos secundarios dentro de las masas deslizadas.</p>
<b>Taludes con Pendientes Muy Pronunciados - Alto Peligro de Generación de Deslizamientos y Caídas de Bloques</b>	<p>Terrenos con relieve muy pronunciado (&gt; 30°), que presentan una alta importancia de procesos de erosión y denudación. Demuestran una condición muy reducida de estabilidad de taludes. Se presenta una condición de alta vulnerabilidad a la generación de deslizamientos, avalanchas y caídas de bloques.</p> <p>El alto peligro al respecto de la amenaza por deslizamientos igualmente está aprobado por la presencia de numerosos cuerpos subrecientes de deslizamientos, indicados el mapa de Zonas de Riesgo.</p>
<b>Taludes Con Deslizamientos Activos de Volumen Intermedio a Bajo</b>	<p>Se refiere a las partes medias/altas de la microcuenca de la Quebrada Herrera cerca del Cerro Palo Campana, formados por rocas sedimentarias Terciarias de las Formaciones Pacacua y Peña Negra. De las mismas, especialmente la Formación Peña Negra, dominada por lutitas y arcillas, está caracterizada por una dureza de roca muy baja y una alta susceptibilidad a la meteorización, por lo cual el peligro de la generación de deslizamientos es bastante alto.</p> <p>En el presente existe un deslizamiento activo dentro de la parte alta de la microcuenca de la Quebrada Herrera, donde se ha encontrado pruebas obvias de movimientos de tierra como por ejemplo agrietamiento, desprendimiento de taludes y saturación de agua dentro del cuerpo deslizado. Hasta ahora, los movimientos del mismo deslizamiento fueron sumamente lentos, pero existe el peligro de que en conjunto con lluvias fuertes de varios días y/o eventos sísmicos de alta energía, la masa deslizada podría cambiar su comportamiento en un flujo con velocidades aumentadas que pudiera afectar áreas urbanizadas en las partes bajas de la microcuenca, sobre todo las zonas urbanizadas del distrito de San Antonio.</p>
<b>Taludes Muy Inestables con Deslizamientos Activos de Alto Volumen</b>	<p>En la parte alta de la cuenca del Río Agres, aguas arriba de la confluencia de Quebrada Londres, se encuentra un talud muy inestable que refiere a la zona más peligrosa de todo el Cantón de Escazú. El área en cuestión, formada por rocas ígneas de la formación <i>Monzonita-Gabro de Escazú</i>, demuestra un grado alto de meteorización que llega a profundidades de más que 4 m. En conjunto con la predominancia de un relieve alto a muy pronunciado, las mismas volúmenes enormes de mezclas de roca suelta con material de suelo forman una base ideal para la generación de deslizamientos de varios tipos con volúmenes considerables.</p> <p>En el presente existe un deslizamiento activo de alto volumen, que ha generado un flujo voluminoso durante la época lluviosa del año 2004. Además se ha aprobado varios deslizamientos antiguos que indican una estabilidad muy baja de este talud con movimientos continuos de masa durante el Holoceno. Por razón de la morfología angosta del Valle del Río Agres existe el peligro que un deslizamiento de alto volumen podría generar un represamiento dentro del mismo valle, que podría soltarse de forma abrupta, generando de esta forma una avalancha voluminosa, un hecho que podría generar un desastre severo para las zonas pobladas dentro de las partes bajas de la cuenca del Río Agres, especialmente dentro de las zonas pobladas del distrito de San Antonio.</p>
<b>Zonas de Influencia Directa de Fallas Activas/Potencialmente Activas</b>	<p>Las zonas de influencia directa de fallas activas/potencialmente activas presentan un peligro serio de rupturas en la superficie en el caso de eventos sísmicos de alta energía.</p>

Es importante señalar que la existencia de esas zonas de riesgo y su identificación en el mapa, no necesariamente representan una prohibición absoluta para el uso del suelo, tanto actual como futuro. Este aspecto, según lo establece la legislación vigente, solo sería aplicable a aquellos espacios geográficos en que se considere que existe una condición de riesgo inminente, lo cual debe ser determinado por la CNE. Sin embargo, en el mapa de la Figura No. 8 y en la Tabla No. 8 se señalan algunas zonas de riesgo donde deben realizarse medidas correctivas a corto plazo a fin de que no entren en dicha categoría de riesgo eminente o bien se conviertan en sitios de eventos de desastre natural.

El objetivo de la generación del mapa de riesgo (Fig. 8) y de su caracterización (Tabla 8) no es agotar el tema para el cantón de Escazú. Por el contrario, debe representar el inicio de un proceso de trabajo, delineado por las siguientes acciones:

- a) Formalizar e implementar las restricciones que a modo de recomendación técnica fueron establecidas según el mapa de IFA integrado del cantón de Escazú y su matriz de limitantes (Tabla No. 1).
- b) Desarrollar un plan o programa de investigación y monitoreo continuo de los sitios de riesgo que, además de priorizar la atención a los mismos, establezca acciones concretas para disminuir la condición de vulnerabilidad de las zonas de ocupación humana y del medio ambiente en general.
- c) Formalizar y ejecutar las acciones de corrección de corto, mediano y largo plazo que se han señalado como producto del mapa de IFA integrado a fin de disminuir sustancialmente el riesgo por medio de un plan correctivo de sus fuentes.

En los informes 2 – 4 se presentan mayores detalles técnicos sobre los diferentes tipos de riesgos señalados en el mapa de la Figura 8 para el cantón de Escazú. Se recomienda al lector que tenga interés de profundizar los conocimientos sobre este tema que realice una revisión sistemática de dicha información técnica a fin de que pueda obtener una visión amplia y completa sobre la situación de amenazas y riesgos naturales que afectan el territorio del cantón de Escazú.

### **3.5 SOBRE EL TEMA DE HIDROGEOLOGÍA**

Debido a la relevancia de la información hidrogeológica obtenida durante la realización del trabajo de IFA en el cantón de Escazú, se ha considerado conveniente realizar una profundización de algunos de los resultados más importantes obtenidos.

En el mapa de la Figura No. 3 de este documento se presenta el Mapa Hidrogeológico del cantón de Escazú. De igual manera en la Figura No. 4 se presentan dos perfiles hidrogeológicos elaborados sobre la base de la información de dicho mapa.

Tal y como se indicó más atrás, el cantón de Escazú, a pesar de localizarse al sur del Río Virilla y por tanto del dominio hidrogeológico del Volcán Barva, donde se presentan importantes acuíferos regionales del Valle Central como son los acuíferos Barva, el Colima Superior y el Colima Inferior; presenta debido a su naturaleza geológica y climática, un potencial hidrogeológico moderado y por tanto significativo, que requiere ser considerado y analizado con mayor detalle a fin de establecer efectivos lineamientos de manejo y protección ambiental.

De conformidad con los datos hidrogeológicos obtenidos para el cantón de Escazú (ver informes 2 – 4 y el mapa de la Figura 2), se presentan tres ámbitos hidrogeológicos diferentes.

El primer ámbito es de tipo marginal, dado que se presenta únicamente en el sector norte del cantón, y se asocia a las rocas volcánicas que tienen afinidad con las unidades geológicas e hidrogeológicas del norte del río Virilla. En estas rocas se alberga el Acuífero Colima Inferior, y a pesar de su gran importancia en el Valle Central, en el caso de Escazú, dado que solo aflora en este sector norte su potencial es más limitado. No obstante, es y puede ser fuente de buenos caudales de agua subterránea. Desde el punto de vista ambiental, debido a la profundidad en que se encuentra el nivel freático y a las propiedades de las rocas volcánicas en las que se presenta, su vulnerabilidad a la contaminación es de moderada a baja, excepto en el cauce del río Virilla, donde afloran las lavas de la Formación Lavas Intracaná, y por tanto la condición de vulnerabilidad a la contaminación pasa a una categoría de alto a muy alto. A pesar de esto, respecto al uso del suelo establecido para esta zona, se han establecido restricciones

importantes en el sentido de que preferentemente se disponga de plantas de tratamiento para las aguas negras y que el sistema de tanques sépticos esté sujeto a una análisis de los tiempos de tránsito de contaminantes (ver Tabla No. 1).

El segundo ámbito tiene que ver con los mantos de aguas subterráneas presentes en las rocas sedimentarias del cantón de Escazú, los cuales se presentan en la parte central oeste y este del cantón. En este caso, el potencial acuífero es bajo (ver Informes 3 y 4) y la vulnerabilidad a la contaminación se considera como moderada a baja. Desde el punto de vista ambiental se aplican las mismas recomendaciones técnicas que las indicadas para el sector norte del cantón.

Finalmente, el tercer ámbito, corresponde con las aguas subterráneas albergadas en el denominado abanico aluvial de Escazú y que presenta un potencial acuifero mayoritariamente moderado. El acuífero, aunque conocido debido a la cantidad de pozos de extracción de relativamente bajo caudal que presenta, no había sido oficializado todavía, de ahí que se aproveche para designarlo como el **Acuífero Escazú**. Como se describe con más detalle en los informes 3 y 4, se trata de un acuifero granular, abierto, de tipo freático, cuya área de recarga lo conforma particularmente la misma extensión del acuífero (ver mapa de la Figura No. 2). Es un acuífero de aproximadamente 10 kilómetros cuadrados de área, con un espesor promedio de 75 a 100 metros, y con un nivel freático variable que promedia en el orden de los 5 a los 10 metros bajo la superficie del suelo. Considerando una porosidad efectiva aproxima de una 20 %, se estima que este acuífero alberga aproximadamente 150 millones de metros cúbicos de agua subterránea, lo cual, a pesar de no alcanzar los grandes potenciales de los acuíferos Barva y los Colima Superior e Inferior, le da un potencial aceptable y merecedor de una protección ambiental como un recurso natural estratégico del cantón de Escazú.

Desde el punto de vista ambiental, el Acuífero Escazú, por la naturaleza de su área de recarga, y la profundidad de su tabla de agua, resulta un acuifero vulnerable a la contaminación en una categoría de moderada a alta. De ahí que como parte de las medidas ambientales recomendadas, tanto para el uso del suelo actual como para los usos futuros, se definan una serie de lineamientos estratégicos que incluyen, entre otros, los siguientes:

- a) Prevenir y controlar la contaminación ambiental del suelo con contaminantes, en particular aquellos considerados como móviles y persistentes (hidrocarburos por ejemplo).

- b) Modificar la práctica de solicitar sistemas de tratamiento de aguas negras por medio de tanques sépticos, incluyo a las viviendas unifamiliares, dado que esto induce a la contaminación del acuífero y al desarrollo de un importante efecto acumulativo sobre el mismo.
- c) Promover prácticas de uso agrícola que no utilicen o bien que solo utilicen productos agroquímicos inocuos o amigables con el medio ambiente. La agricultura que utilice tanto en cantidad como frecuencia, agroquímicos y particular plaguicidas químicos muy contaminantes y persistentes, no es para nada recomendable dado su alto peligro de contaminación al acuífero.

Como se indicó previamente, y también en los informes 3 y 4, así como en la exposiciones realizadas al Concejo Municipal, las acciones de protección y manejo apropiado del Acuífero Escazú, requieren acciones correctivas respecto a la ocupación humana ya existente y preventivas respecto a los usos futuros.

Respecto a la ocupación existente, la medida estratégica más importante debe ser la sustitución de los sistemas de tanques sépticos por un sistema de alcantarillo sanitario y un tratamiento de las aguas negras por medio de una Planta de Tratamiento. Esta medida, debido a su costo es posible que requiere de un tiempo largo, pero requiere de ser iniciada lo antes posible. Mientras tanto, la medida ambiental más importante que pueden desarrollarse son las siguientes:

- a) Desarrollar un plan de monitoreo de la calidad de las aguas que se extraen del acuífero, en particular a aquellas que se les da un uso para el consumo humano.
- b) Promover un plan para la definición de radios de protección de los pozos de extracción de aguas subterráneas que utilicen el Acuífero Escazú como fuente de agua.
- c) Intensificar las medidas a fin de mantener y en lo posible, aumentar la recarga de agua de precipitación para que se infiltre en los suelos por encima del Acuífero Escazú.

Referente al uso del suelo futuro, a parte de la aplicación de las medidas indicadas, la práctica de un desarrollo urbano vertical, con poca ocupación horizontal y establecimiento de sistemas de plantas de tratamiento se considera acertada debido a las condiciones naturales encontradas.

## **4. Conclusiones y recomendaciones finales**

### **4.1 CONCLUSIONES PRINCIPALES**

- a) El territorio del cantón de Escazú se localiza en una zona geológicamente activa, que sirve de límite entre estribaciones montañosas y una zona de pie de monte que forma la transición hacia una meseta volcánica disectada por cañones de ríos. Este hecho le confiere, a pesar de su limitada extensión territorial, una importante geodiversidad de formaciones geológicas y la presencia de importantes rasgos geológicos y de geoaptitud que restringen o limitan la ocupación humana en algunas partes de su territorio.
- b) Los factores de geoaptitud, junto con los suelos, aportan la mayoría de los factores limitantes más significativos que deben ser tomados en cuenta para la planificación y administración ambiental del territorio del cantón de Escazú. La presencia de suelos y formaciones geológicas en diversas propiedades geotécnicas, procesos de erosión y sedimentación, condiciones de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos, zonas con laderas inestables y de alto riesgo, así como otro tipo de amenazas naturales, como sismicidad, inundaciones, avalanchas, deslizamientos y potencial de fractura en superficie por fallamiento geológico activo son algunos de los elementos de fragilidad ambiental que deben ser tomados en cuenta dentro del proceso de planificación a fin de que minimicen los riesgos y se logre una ocupación del suelo bajo condiciones de equilibrio ambiental.
- c) La zonificación de IFA integrado para el cantón de Escazú, tanto para la zona urbana como para el zona rural y de los Cerros de Escazú, ha permitido delimitar un conjunto de once zonas o subzonas de IFA, para las cuales se ha realizado el recuento de las limitantes técnicas más relevantes y las recomendaciones de uso del suelo que logren equilibrarse con esas limitantes técnicas. Sobre esta base, se ha encontrado que la planificación establecida para la zona urbana por el Plan Regulador vigente, se cumple de forma conforme y en equilibrio con la fragilidad ambiental en cerca de un 62 %. Para el restante 38 % del territorio, es necesario implementar de forma gradual, medidas correctivas, respecto a la ocupación humana ya existente, y medidas preventivas en caso de desarrollos futuros.
- d) Sobre la base de un trabajo complementario, de mayor detalle realizado en la zona agrícola y los Cerros de Escazú, se completó y validó la información del IFA integrado del cantón y con

ello fue posible crear la base técnica para completar el Plan Regulador para este importante sector, localizado al sur del cantón.

- e) El balance final respecto a la integración de la variable ambiental por medio del método del IFA en el Plan Regulador y el territorio del cantón de Escazú, es que en cerca de un 60 a 70 % del total del territorio el planteamiento de desarrollo incluido en el Plan Regulador es apropiado y conforme con su condición de fragilidad ambiental. Para la restante área, es necesario cumplir una serie de medidas a fin de que los desarrollos planificados puedan ejecutarse de forma equilibrada.
- f) Además del producto establecido, el trabajo realizado ha permitido realizar y generar un producto complementario referente a los temas de uso y subreuso del suelo, zonificación de riesgo y aspectos hidrogeológicos, sobre cuya base será posible desarrollar planes y programas de mejora ambiental y prevención de desastres naturales o en su defecto de impactos ambientales negativos.

#### **4.2 RECOMENDACIONES FINALES**

- a) Los resultados del trabajo realizado representan la mejor aproximación posible a la luz de la información disponible y en virtud de las escalas de trabajo utilizadas. Sus productos no deben y ni pueden ser utilizados como sustitutos de estudios técnicos específicos de fincas para el desarrollo de proyectos, obras o actividades en áreas o zonas calificadas como de moderada, alta o muy alta fragilidad ambiental según el mapa de IFA integrado. En estos casos será necesario e imprescindible la realización de estudios técnicos de detalle que definan parámetros y criterios de diseño que permitan superar las limitantes técnicas definidas y prevenir cualquier otro tipo de impacto negativo al medio ambiente. En el caso de los zonas de IFA integrado de tipo bajo o muy bajo, la información aportada en este estudio puede ser utilizada de base, siempre y cuando se respeten las limitantes técnicas señaladas y las medidas recomendadas para su superación.
- b) En lo referente a la zona urbana cubierta por el Plan Regulador del cantón de Escazú, es importante que el mismo ejecute los ajustes necesarios al Reglamento a fin de que incorpore las restricciones y lineamientos establecidos en el mapa de IFA integrado y la matriz de limitantes técnicas (Tabla No. 1).

- c) Respecto a la zona rural y los Cerros de Escazú, se recomienda que mientras se extiende el Plan Regulador y se formaliza el mismo, se utilicen como criterio base para la toma de decisiones de uso del suelo, los lineamientos establecidos en el matriz de limitantes técnicas del mapa de IFA integrado (Tabla No. 1).
- d) El metodología de IFA tal y como se ha sido aplicada en este estudio no cubre el tema de los potenciales impactos ambientales de orden general que podría generar la nueva planificación propuesta, de forma tal que se recomienda que sobre esta base, la Municipalidad de Escazú realice este tipo de análisis a fin de poder incorporar las medidas ambientales estratégicas como parte del Reglamento del Plan Regulador en su defecto en un adendum al mismo a modo de reglamento ambiental.
- e) Sobre en consideración de los resultados del trabajo de IFA realizado en el presente estudio se recomienda que como parte de su complementación con el Plan Regulador vigente, se realice la propuesta de listado taxativo local que operaría para el cantón de Escazú respecto al tema de la evaluación de impacto ambiental.
- f) En consideración de los temas complementarios presentados en este informe sobre el cantón de Escazú, se recomienda que el gobierno local, en conjunto con su comunidad, y en la medida de lo posible en coordinación con otras entidades públicas y privadas, desarrolle una plan de acción para la protección y manejo ambiental de los recursos hídricos (particularmente subterráneas), así como para el manejo de los riesgos naturales, concatenado a un proceso de recuperación ambiental de los bosques de las partes altas del cantón.
- g) Finalmente, se recomienda que la Municipalidad de Escazú y en particular la entidad del Plan Regulador del cantón, desarrollar una divulgación intensiva de la información generada sobre el Plan Regulador, de forma tal que la misma pueda ser accesada por cualquier persona interesada, asegurándose con ello que los resultados del trabajo ejecutado sobre la integración de variable ambiental va a ser tomado en cuenta en la planificación de nuevos desarrollos desde una fase muy temprana o en su defecto para plantear mejoras y correcciones ambientales en las obras ya construidas y en operación.

## 5. Referencias

- Alán, A., Herrera, J., Laporte, G. (2004): Estudio geológico generalizado sobre riesgos geológicos parte alta de la cuenca del Río Agres.- Informe técnico - Asociación Pico Blanco de Escazú, 29 p.
- Alvarado, C. (1982): Estudios sedimentológicos en la formación Pacacua (Mioceno, Costa Rica).- Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, 185 p.
- Alvarado, G., Arce, R., Sánchez, J.M. (2002): La caída de grandes bloques y la generación de debris flows y su peligro implícito en los sectores residenciales de Escazú y Santa Ana.- VIII Seminario Nacional de Geotécnica, III Encuentro Centroamericano de Geotecnistas, Costa Rica, 77-82.
- Arias, M. (2004): Deslizamiento en la microcuenca superior Río Agres - San Rafael.- Informe técnico C-AMB-04-470 - Municipalidad de Escazú, 17 p.
- Astorga, A., Fernández, J.A., Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A., Obando, L.G. (1989): Cuencas sedimentarias de Costa Rica: evolution Cretácico Superior-Cenozoica y potencial de hidrocarburos.- In: Transact.- Fourth Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Conference, 18 p., San José, Costa Rica.
- Astorga, A., Fernández, J.A. Barboza, G., Campos, L., Obando, J., Aguilar, A. & Obando, L.G. (1991): Cuencas sedimentarias de Costa Rica: evolution geodinámica y potencial de hidrocarburos.- Rev. Geol. Amér. Central, 13: 25-59.
- Campos, L. (2001): Geology and Basins history of Middle Costa Rica: An intraoceanic island arc in the convergent margin between the Caribbean and the Central Pacific Plates.- Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, 62, 138 p.
- Denyer, P., Arias, M. (1990): Geología de la Hoja Abra (mapa).- IGN (1:50.000), San José - Costa Rica.
- Denyer, P., Arias, M. (1991): Estratigrafía de la región central de Costa Rica.- Revista Geológica de America Central, 12, 1-59.
- Denyer, P., Montero, W. & Alvarado, G. (2003): Atlas tectónico de Costa Rica.- Editorial de la Universidad de Costa Rica, 81 p. (San José).

- Echandi, E. (1981): Unidades Volcánicas de la vertiente Norte de la cuenca del Río Virilla.- Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, 123 p.
- Fernández, M., Montero, W. (2002): Fallamiento y sismicidad de área entre Cartago y San José, Valle Central de Costa Rica.- Revista Geológica de America Central, 26, 25-37.
- Fonseca, T. (2004): Análisis preliminar de las condiciones biológicas y su relación con el Plan Regulador de Escazú en algunas propiedades privadas de la Zona Protectora de los Cerros de Escazú.- Informe técnico - Municipalidad de Escazú, 14 p.
- Hernández, J., Vargas, A. (1992 ): Geología Urbana del Cantón de Escazú, Provincia de San José - Costa Rica.- Campaña Geológica - Universidad de Costa Rica, 172 p.
- Hernández, G. (1997): Diagnóstico de factores de pendiente del terreno, clima, suelos y capacidad de uso.- Informe técnico - Universidad Nacional, 48 p., Heredia - Costa Rica.
- Kussmaul, S. (1987): Petrología de las rocas intrusivas Neógenas del Valle Central y la Cordillera Central de Costa Rica.- Revista Geológica de America Central, 7, 83-111.
- MAG (1995): Metodología para la determinación de la Capacidad de USO de las tierras de Costa Rica.- 59 p.
- MENDE, A. (2001): Sedimente und Architektur der Forearc-und Backarc-Becken von Südost-Costa Rica und Nordwest-Panamá.- Profil 19, 1-130, Stuttgart.
- Mende, A. & Astorga, A. (2004, en prensa): Sustainable Land Management at the Base of Geopotencial Mapping. Geomorphology.
- Montero, W. (1986): Periodos de recurrencia y tipos de secuencias sísmicas de los temblores interplaca y intraplaca en la región de Costa Rica.- Revista Geológica de America Central, 5, 35-72.
- Montero, W. (1989): Sismicidad histórica de Costa Rica 1638 - 1910.- Geof. Int., 28 - Vol 3, 531-559.
- Morales, L., Montero, W. (1989): Sismotectónica, brechas sísmicas y la amenaza sísmica potencial en Centroamérica. Memorias 1er Seminario sobre sismicidad de America Central, Guatemala-CEPRENAC, 21 p.
- Obando, A. (1983): Petrografía del Intrusivo de Escazú (Valle Central).- Brenesia, 24, 1-18.
- Paniagua, S., Morales, L. (1987): Peligro sísmico y volcánico en Costa Rica: consideraciones para su prevención.- Geostmo, 1-2, 11-24.

- Rivier, S.F. (1979): Geología del área norte de los Cerros de Escazú, Cordillera de Talamanca, Costa Rica.- Inf. Sem. IGN, 99-132.
- Rivier, S.F., Calvo, C. (1988): Terciario del Sur del Valle Central: sección estratigráfica del Cerro Caraigres, Provincia de San José, Costa Rica.- Revista Geológica de America Central, 9, 61-74.
- Rojas, D. (1991): Diagnóstico ambiental de la microcuenca hidrográfica de la Quebrada Cruz.- Informe técnico - CODECE, 39 p.
- Rojas, D. (2004): Diagnóstico ambiental de la microcuenca hidrográfica de la Quebrada Cruz.- Informe técnico - CODECE, 39 p.
- Salas, S. (1981): Análisis de soluciones para abastecer de agua potable al acueducto de Escazú.- Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica, 124 p.
- Saenz, R. (1981): Edades radiométricas de algunas rocas de Costa Rica.- Depto. de Geología, Min. E.M.; Costa Rica.
- Sprechmann, P. (1984): Estratigrafía de Costa Rica (América Central): Unidades Estratigráficas Sedimentarias.- En: Sprechmann, P. (Ed.): Manual de Geología de Costa Rica. Volumen 1: Estratigrafía.- Editorial UCR, 319 p.
- Universidad Nacional (2005): Plan Regulador del Cantón de Escazú.- Informe Técnico - Municipalidad del Cantón de Escazú, 95 p.
- Vargas, G., Sánchez, J., Barahona, S., Ling, F., Ayub, I., Moreno, L., Chinchilla, F. (1991): Inventario biológico de los cerros de Escazú.- Informe Técnico - CODECE, 84 p.