

ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA ‘ÍNDICES DE FRAGILIDAD AMBIENTAL’ DE LA SECRETARÍA TÉCNICA NACIONAL AMBIENTAL PARA EL CANTÓN DE SIQUIRRES, PROVINCIA DE LIMÓN, COSTA RICA, DURANTE EL AÑO 2016

Lic. Rodrigo Méndez Solano.

1. Programa de Laboratorios. Escuela Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. rmendezs@uned.ac.cr

Recibido: 11 de agosto de 2020

Aceptado: 27 de abril de 2021

RESUMEN

La presente investigación analiza la factibilidad para la implementación de la metodología Índices de Fragilidad Ambiental (IFA), en su fase diagnóstica, a partir de la información disponible en las bases de datos del actual Plan Regulador, específicamente, en el componente ambiental del cantón de Siquirres, provincia de Limón. Esta investigación se desarrolló mediante el uso de algoritmos de ponderación y sumatoria de los diferentes índices que componen las variables ambientales expuestas en la metodología de los IFA. El objetivo de esta investigación es determinar la factibilidad técnica de la información base disponible en el país para la aplicación de la metodología del Manual de Instrumentos Técnicos para los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental fiscalizados por el Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE), específicamente en la institución conocida como Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), referente a la incorporar de la variable ambiental según el Decreto Ejecutivo 32 967, con la finalidad de establecer las respectivas limitantes y potencialidades técnicas en el Ordenamiento Ambiental del Territorio, según su fragilidad ambiental a nivel cantonal.

Palabras claves: Índice de fragilidad Ambiental (IFA), Ordenamiento Ambiental del Territorio (OAT), factibilidad técnica ambiental.

ABSTRACT

This research analyzes the feasibility for the implementation of the Environmental Fragility Indices (IFA) methodology, in its diagnostic phase, based on the information available in the databases of the current Regulatory Plan, specifically, in the environmental component of the canton of Siquirres, Limón province. This research was developed through the use of weighting and summation algorithms of the different indices that make up the environmental variables exposed in the IFA methodology. The objective of this research is to determine the technical feasibility of the base information available in the country for the application of the methodology of the Manual of Technical Instruments for the Environmental Impact Assessment processes supervised by the Ministry of Environment and Energy of Costa Rica (MINAE), specifically in the institution known as the National Environmental Technical Secretariat (SETENA), referring to the incorporation of the environmental variable according to Executive Decree 32 967, in order to establish the respective limitations and technical potentialities in the Environmental Planning of the Territory, according to its environmental fragility at the cantonal level.

Key words: Environmental Fragility Index (IFA), Territorial Environmental Planning (OAT), environmental technical feasibility.

Introducción

El análisis de la factibilidad técnica de la fase diagnóstica para la implementación de la metodología Índices de Fragilidad Ambiental (IFA) en el cantón de Siquirres como referencia de área urbana y costera. Los IFA se incorporaron como variable ambiental en los procesos de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) por medio del Manual de Instrumentos Técnicos para los Procesos de EIA, para el desarrollo del Ordenamiento Ambiental del Territorio (OAT). “Las variables geológicas, biológicas, edafológicas y antropológicas que se introdujeron en los IFA se caracterizaron por la integración de la información multidisciplinaria para cada uno de los ejes de información ambiental”, de la cual se establece una categoría en función de los datos específicos determinados por dichos estudios técnicos (La Gaceta N° 85, 2006).

La investigación revela el estado actual de la información pública para la aplicación de la metodología implementada en los IFA, iniciando con un inventario de las bases de datos espaciales utilizadas, seguido de una clasificación y, luego, la aplicación de la metodología en el cantón mencionado; finalmente, se culminó con sugerencias para nuevos factores ambientales que, por su importancia e impacto, deberían ser incluidos en la metodología IFA del Manual de Instrumentos Técnicos para los procesos de EIA para Costa Rica. Dentro del Manejo de Recursos Naturales, es de interés gestionar y recopilar la información técnica base del cantón de Siquirres, para comprobar que incluyera características diferentes tanto por su localización como por su dinámica social, económica y física-ambiental; o bien una área político-administrativa con características urbanas y costeras en donde se evidenciara la presencia o ausencia de la variable ambiental en los planes de ordenamiento del territorio para poder desarrollar la implementación de la metodología IFA de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) y crear una referencia que sirviera de guía de consulta para los profesionales que utilicen este procedimiento como requisito para los Planes Reguladores con componente ambiental.

Metodología

Resumen de los procedimientos por etapas del desarrollo de la investigación.

Etapa 1

Aplicar procesamiento, transformación, y carga de los datos disponibles en el Expediente Administrativo EAE 07-2012 (SETENA, 2016), de la Municipalidad de Siquirres del mismo cantón, para la implementación de los IFAs, según los requerimientos del Decreto Ejecutivo 32 967, y mediante la ejecución de algoritmos de análisis y reporte en una aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

- Estandarización a la proyección oficial para Costa Rica CRTM05.
- Carga de datos en la herramienta “QGIS Nødebo 2.16” del Software de código abierto, para cada uno de los ejes temáticos (Bioaptitud, Edafoaptitud, Antropoaptitud y Geoaptitud).
- Parametrización y configuración de los módulos requeridos para los IFAs.

Etapa 2

Agrupar los insumos cartográficos y mapear mediante la herramienta de SIG (QGIS Nødebo 2.16” del Software de código abierto) para cada uno de los ejes temáticos de Antropoaptitud, Bioaptitud, Edafoaptitud y Geoaptitud, según la metodología IFA del Decreto Ejecutivo 32 967 para el cantón de Siquirres, provincia de Limón.

- Clasificación de la información técnica base y cartografiar por eje temático.
- Generación de reportes de los componentes y sus pesos en la metodología.
- Análisis de la información.

Etapa 3

Generar el mapa de IFA Integrado, según el Decreto Ejecutivo 32 967, para el cantón de Siquirres a partir del análisis espacial de los insumos cartográficos elaborados previamente.

- Aplicación de la metodología IFA en el cantón por medio de Álgebra de Mapas.
- IFA Integrado = IFA Geoaptitud + IFA Bioaptitud + IFA Edafoaptitud + IFA Antropoaptitud

Etapa 4

Elaborar el mapa de IFA de Subclases a partir del mapa de IFA Integrado con los usos potenciales de suelo para el cantón de Siquirres, provincia de Limón.

•Elaboración de un mapa de Subclases para detallar las áreas de fragilidad ambiental del territorio solicitada en el Decreto Ejecutivo 32 967

Resultados

Como resultado del proceso de negociación con la Escuela de Geografía de la Universidad Nacional de Costa Rica y autorizado dentro del Proyecto “Plan Regulador del Cantón de Siquirres: Incorporación de la Variable Ambiental” se tuvo acceso al proyecto Convenio de Transferencia N° TR-03/02-G, entre el Fondo de Preinversión del Ministerio de Planificación y Política Económica y la Municipalidad del Cantón de Siquirres (MIDEPLAN, 2014). Refrendado por la Contraloría General de la República en su Oficio N° 06915 del 15 de junio del 2005, dicho proyecto se efectuó dentro del marco de la carta de intenciones UNA-Municipalidad de Siquirres, de la cual se obtuvo el acceso a la información más actual y aprobada por SETENA; Expediente Administrativo EAE 07-2012 (SETENA, 2016) y dentro de los parámetros que solicita el Decreto Ejecutivo N° 32 967- MINAE para dicha metodología, Municipalidad de Siquirres y Universidad Nacional de Costa Rica.

Eje de Antropoaptitud. Hace referencia a los aspectos antrópicos o a las actividades humanas que se desarrollan en el territorio; dentro de las temáticas que incluye están las áreas de desarrollo humano en el presente y a futuro, la infraestructura vial, los usos del suelo, los sitios de interés cultural (sitios arqueológicos, científicos e históricos), y, finalmente, las categorías del paisaje.

Eje de Bioaptitud. Consiste en la integración de la información biológica de los espacios geográficos, la cual hace referencia a la aplicación de las regulaciones de protección al medio ambiente. La Bioaptitud encierra variables como la cobertura o usos del suelo, las áreas protegidas según la Ley Orgánica del Ambiente; incluye además las áreas con potencial, entre las que se mencionan los Corredores Biológicos, cursos y cuerpos de agua, plantaciones forestales con algún proceso de pago de servicios ambientales, y los biotopos, con sus respectivas zonas de vida. Para este eje ambiental se debe indicar que toda información ambiental debe ser corroborada con las autoridades ambientales correspondientes, ya sea El Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) o el MINAE.

Eje de Edafoaptitud. Los aspectos edafológicos consisten básicamente en el tipo de suelo y su capacidad; representan un enfoque de gran importancia desde el punto de vista ambiental y por su control sobre la carga a la cual podrían ser sometidos los espacios geográficos. Dentro de los aspectos más relevantes en este eje, se incluyen la categorización y zonificación del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) más la capacidad del uso de la tierra generados por el mismo ministerio.

Eje de Geoaptitud. La base para determinar la Geoaptitud de los terrenos se determina a partir de la información geológica (litología, estratigrafía, y su estructura); dicha información se deriva de los aspectos geotécnicos, de la estabilidad de taludes, de los procesos geodinámicos externos, hidrogeología, condiciones de fallas geológicas, y deslizamientos. Como parte de las variables físicas a considerar en el IFA de Geoaptitud, existen cinco subtemas a incluir: Factor Litopetrofísico, Factor Geodinámica Externa, Factor Hidrogeológico, Factor de Estabilidad de Laderas y Factor de Amenazas Naturales.

IFA Integrado: Se suman los IFAs: IFA Geoaptitud, IFA Bioaptitud, IFA Edafoaptitud y IFA Antropoaptitud.

IFA Subclase: Establece las zonas de fragilidad ambiental según las limitantes técnicas comunes.

El mapa se acompaña de una tabla de categorización de las zonas de IFA, donde además de las limitantes, se da su interpretación, con usos recomendados, parámetros de uso y condicionantes ambientales para ese uso.

Mapeo temático de los Índice de Fragilidad Ambiental para el cantón de Siquirres.

Estos índices se consideran como los principios técnicos y básicos que deben de cumplir las municipalidades para incorporar la variable ambiental en la planificación del uso del suelo en el territorio jurisdiccional, así como los lineamientos técnicos que solicitará SETENA en su revisión y evaluación para optar por la Viabilidad Ambiental (Licencia). Los mapas del OAT se estructuran en los IFA de Geoaptitud, el cual se subdivide en: Factor Litopetrofísico, Factor Geodinámica Externa, Factor Hidrogeológico, Factor Estabilidad de Laderas y el Factor de Amenazas Naturales; estos se unen en el IFA de Geoaptitud Integrado. El siguiente índice es el IFA Bioaptitud, el IFA Edafoaptitud, el IFA Antropoaptitud, y, finalmente, el consolidado de la suma de todos: el IFA Integrado. Este indicará la condición general de la fragilidad ambiental en las diferentes áreas del cantón en estudio.

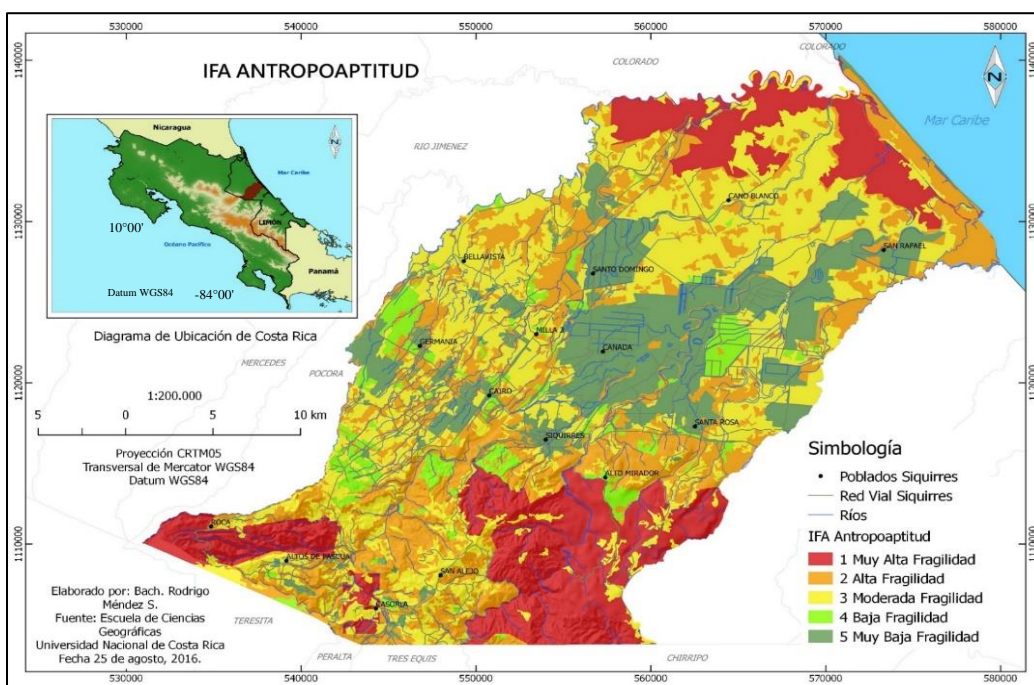


Figura N°1. IFA de Antropoaptitud para el cantón de Siquirres. Fuente cartográfica: Grupo Consultor ECG-UNA del Convenio de Transferencia No Reembolsable No. TR-03/02-G.

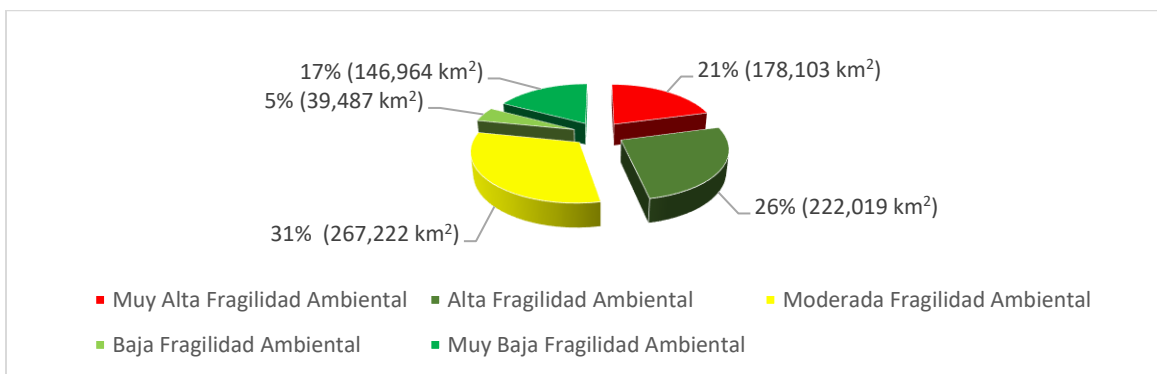


Gráfico N° 1. Porcentajes resultantes del IFA de Antropoaptitud del Cantón de Siquirres.

Fuente: Modificado del Equipo Consultor ECG-UNA

La zonificación de mayor extensión territorial y con una fragilidad moderada cubre un 31%, con una categoría tres sobre su índice de fragilidad determinado por sus cinco niveles. Los porcentajes resultantes de la fragilidad

alta comprenden un 21%, y en el extremo opuesto la muy baja fragilidad es cuantificada por un 17% de la zonificación (Gráfico N°1). Puntualmente, los poblados con una mayor fragilidad Antropológica (Figura N°1) comprenden Calle Tajo, Guayacán, Moravia y Alto Mirador. Estas comunidades se encuentran en las zonas de paisaje montañoso por donde pasa el río Pacuare. Por otro lado, en la zona de las llanuras encontramos Caño Blanco, Surre, y Boca de río Jiménez como áreas focales de muy alta fragilidad.

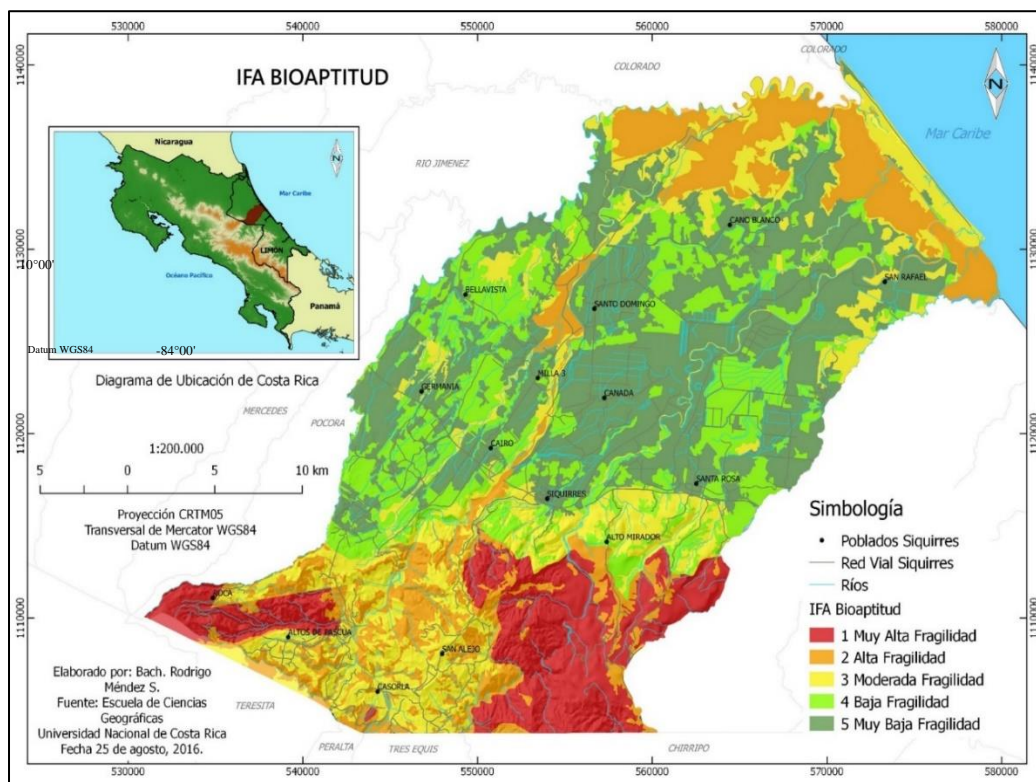


Figura N°2. IFA de Bioaptitud para el cantón de Siquirres. Fuente cartográfica: Grupo Consultor ECG-UNA del Convenio de Transferencia No Reembolsable No. TR-03/02-G.

El gráfico N°2 comprende los porcentajes para la zonificación de la Bioaptitud moderada, baja y muy baja, representada en 482 Km² equivalente a un 71%, a diferencia de un 29% que demuestra una extensión territorial de 246 Km² de la extensión total del cantón de Siquirres. Los 853 Km² de extensión cantonal demuestran un balance superior de fragilidad ambiental muy baja de un 31% equivalente a 267 Km²; según la Figura N°2, las comunidades que se encuentran dentro de este porcentaje son Milano, Germania, Louisiana, Siquirres, San Alberto Nuevo, Monteverde, Impero, San Carlos y San Pedro.

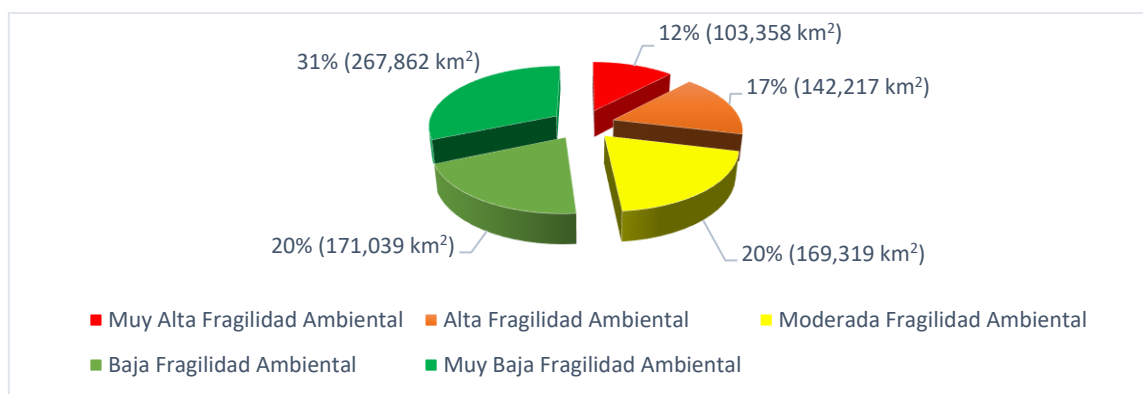


Gráfico N° 2. Porcentajes resultantes del IFA de Bioaptitud del Cantón de Siquirres. Fuente: Modificado del Equipo Consultor ECG-UNA

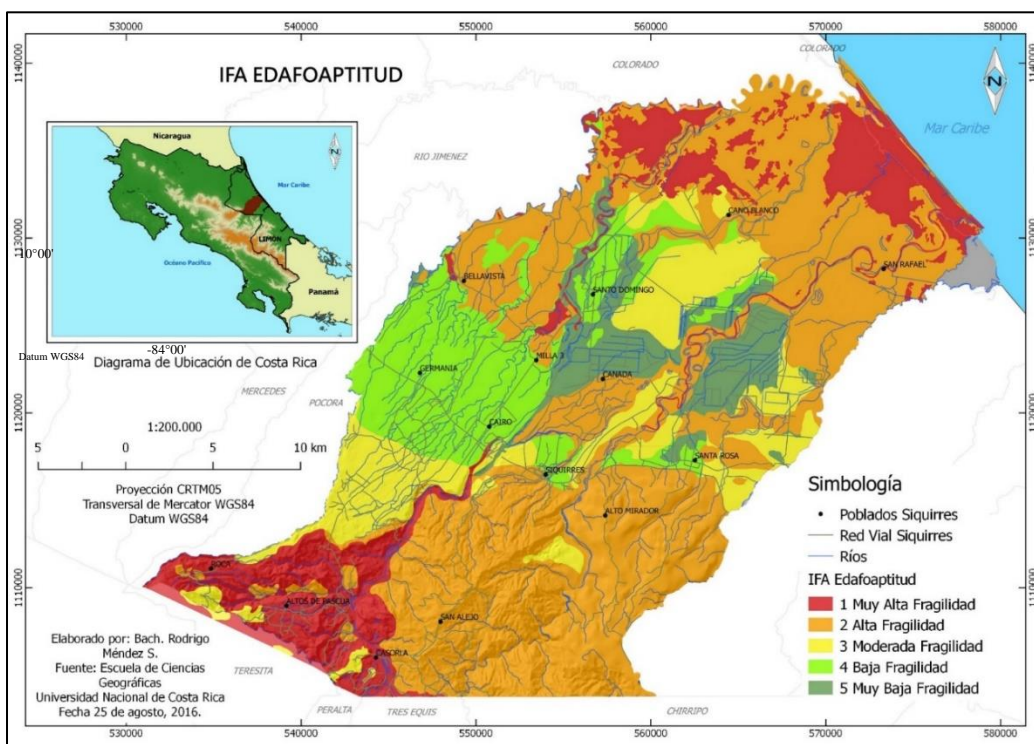


Figura N° 3. IFA de Edafoaptitud para el cantón de Siquirres. Fuente cartográfica: Grupo Consultor ECG-UNA del Convenio de Transferencia No Reembolsable No. TR-03/02-G.

El predominio de la muy alta y alta fragilidad ambiental en la zona de montañosa del recorrido del río Reventazón, específicamente del Pascua hacia Florida, con un 66% de la sumatoria de las dos zonas. Mientras tanto, en el gráfico N°3 existe un porcentaje moderado, bajo y muy bajo de fragilidad en porcentajes del 13%, 14% y 7% respectivamente. Las comunidades de Milano, Germania, Cairo, Siquirres, San Alberto Nuevo, Imperio, San Carlos y San Pablo están dentro del 34% de la zonificación con potencialidades de Edafoaptitud.

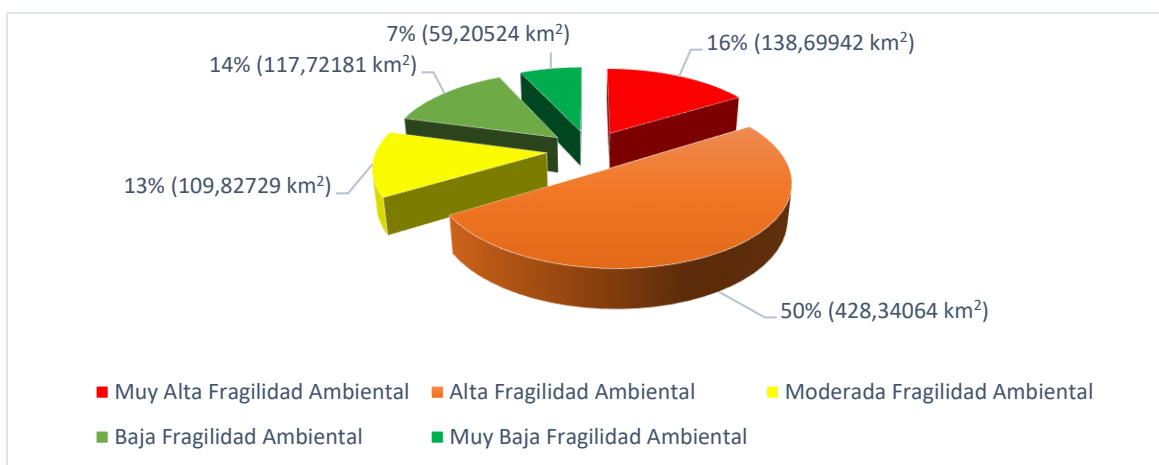
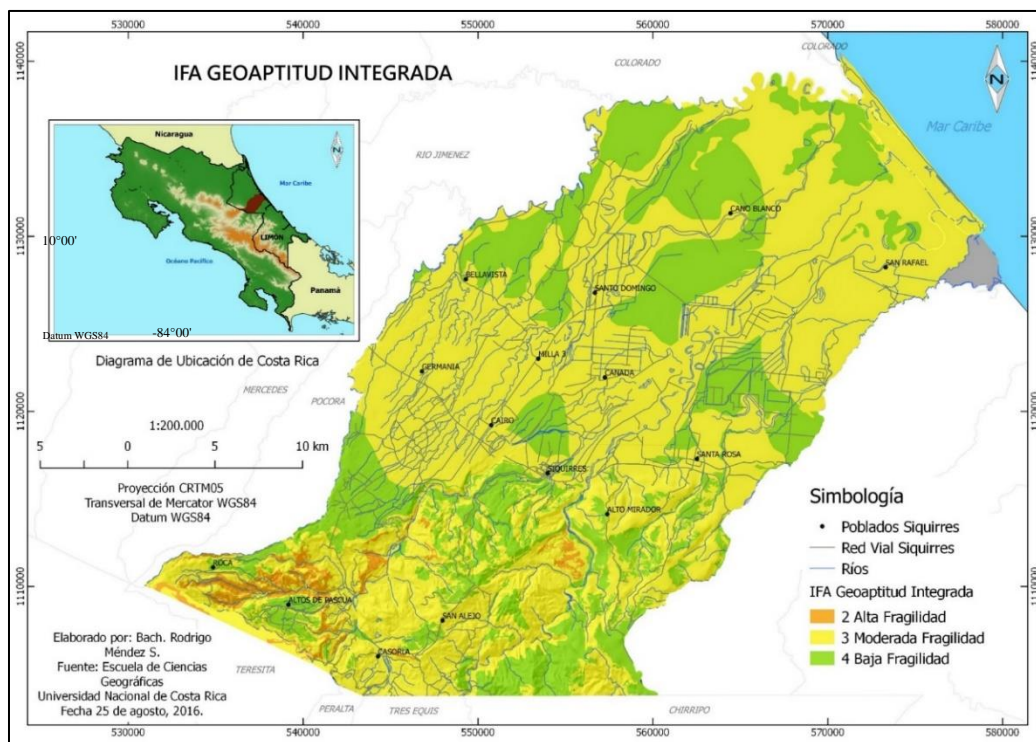


Gráfico N° 3. Porcentajes resultantes del IFA de Edafoaptitud del Cantón de Siquirres. Fuente: Modificado del Equipo Consultor ECG-UNA



Mapa N° 4. IFA Geoaptitud integrada para el cantón de Siquirres. Fuente cartográfica: Grupo Consultor ECG-UNA del Convenio de Transferencia No Reembolsable No. TR-03/02-G.

Como se muestra en el Mapa N°4, el índice de Geoaptitud integrada se elaboró con la base técnica del Mapa IFA Factor Litopetrofísico, del Mapa IFA Factor Geodinámica Externa, del Mapa IFA Factor Estabilidad de Laderas, del Mapa IFA Factor Hidrogeológico y del Mapa IFA Factor de Amenazas Naturales. La zonificación del Cuadro N°4 se ilustró de manera general debido a que la escala de trabajo mostrada representa las zonas más aptas para la actividad humana en función de la vulnerabilidad ambiental y los factores de riesgo.

Cuadro N° 4. Zonificación del IFA Geoaptitud Integrado del Cantón de Siquirres.

Clasificación	Descripción
Alta (7%)	Equivalente a 59 Km ² de alta fragilidad ambiental en el cantón de Siquirres. Comprende zonas montañosas desde 1 400 a 700 m.s.n.m, áreas de alta pendiente con limitantes en presencia de deslizamientos asociados a la baja estabilidad de los macizos rocosos. Los Altos Pascua, Pascua y San Antonio, drenados por los ríos Raca, Gallina, Pascua y Reventazón, son las áreas determinadas por su alta fragilidad ambiental. Algunas zonas al suroeste se pueden ver afectadas por alguna actividad del Volcán Turrialba.
Moderada (56%)	Comprende zonas desde los 800 metros hasta el nivel del mar; los poblados de Germania, Cairo, Canadá, Santa Rosa, San Rafael corresponden a áreas bajas y planas. También algunas con moderada pendiente y potencial de deslizamiento, y además con presencia de fallas neotectónicas asociadas a su sismicidad. Equivalente a 478 Km ² de moderada fragilidad ambiental en el cantón de Siquirres.
Baja (37%)	Equivalente a 315 Km ² de baja fragilidad ambiental en el cantón de Siquirres. Son extensiones cercanas a la costa, planas ligeramente elevadas, con mucho potencial hidrológico, vulnerables a la contaminación y con una Geoaptitud no apta para construcción.

Fuente: Modificado del Equipo Consultor ECG-UNA

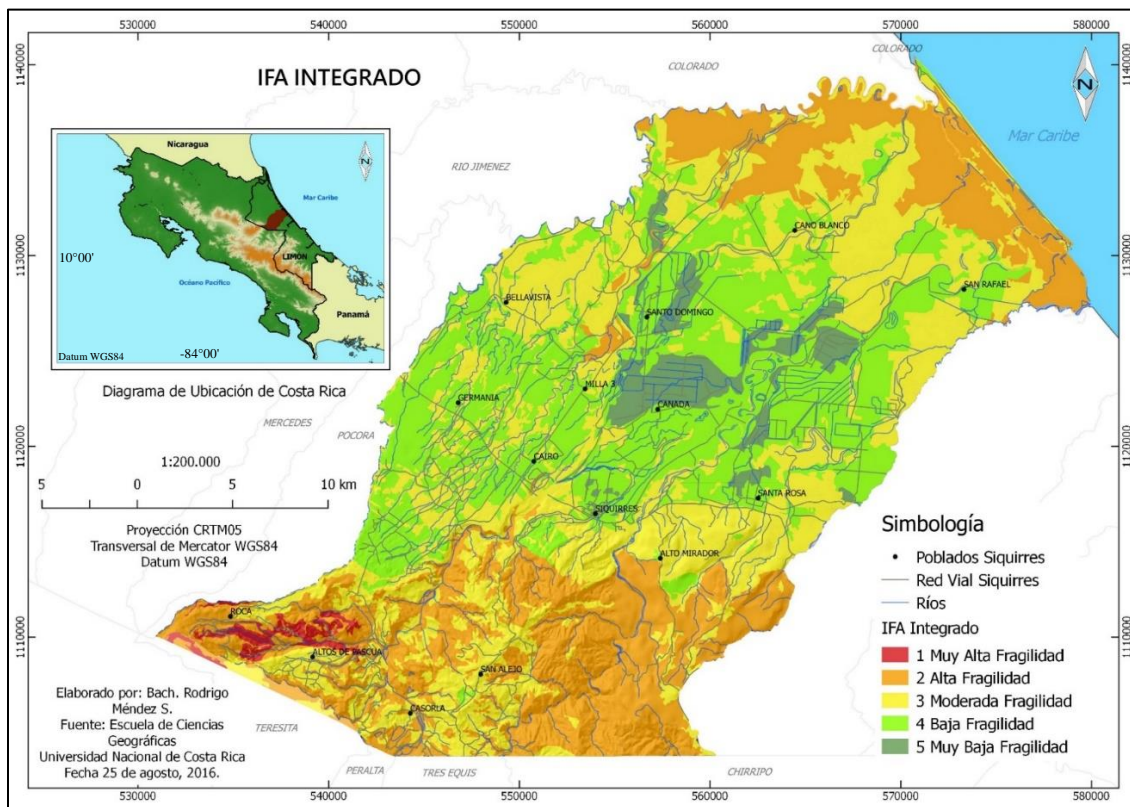


Figura N° 5. IFA Integrado para el cantón de Siquirres. Fuente cartográfica: Grupo Consultor ECG-UNA del Convenio de Transferencia No Reembolsable No. TR-03/02-G.

El gráfico N°5 corresponde a las cinco categorías de fragilidad: Muy Alta, Alta, Moderada, Baja y Muy Baja Fragilidad Ambiental. La zonificación predominante fue la categoría Moderada con un 37% equivalente a 317 Km², seguida de la categoría Baja (29% = 250 Km²), Alta (28% = 240 Km²), Muy Baja (4% = 35 Km²) y finalmente la Muy Alta (1% = 8 Km²) correspondiente a la zona montañosa Bonilla arriba, Cerro Roca, y Cerro Cachimba, con una altitud que va desde los 2 200 hasta los 600 m.s.n.m.

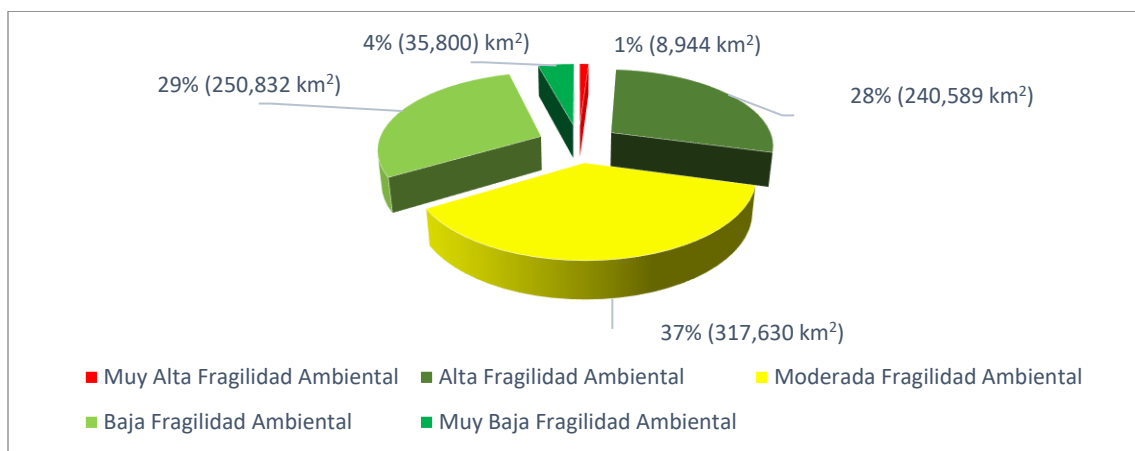


Gráfico N° 5. Porcentajes resultantes del IFA Integrado del Cantón de Siquirres. Fuente: Modificado del Equipo Consultor ECG-UNA

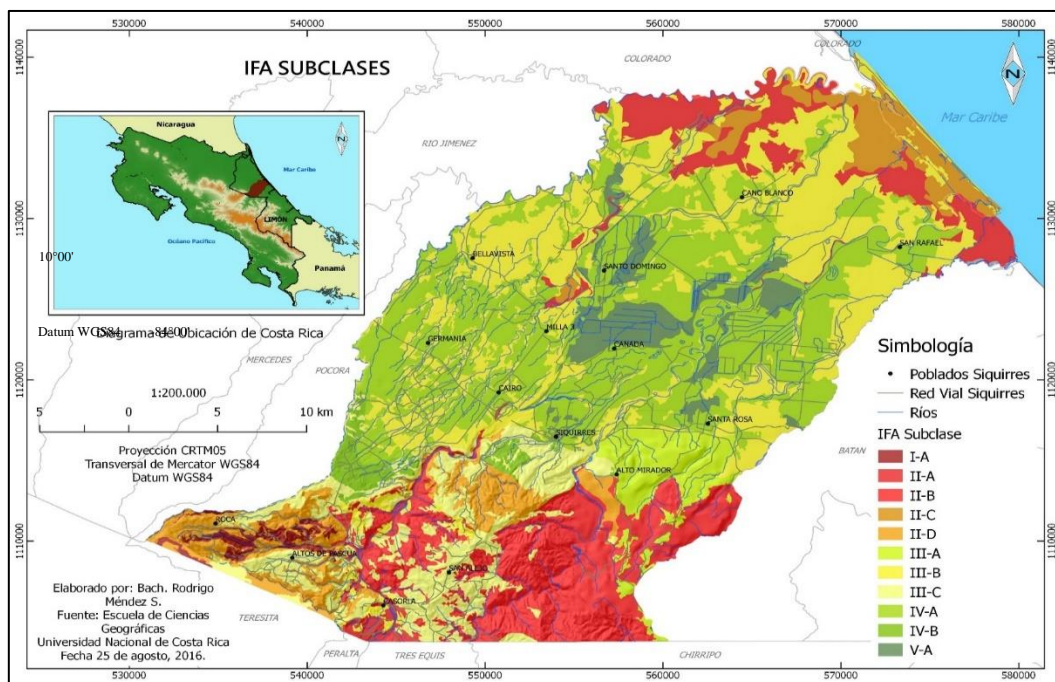


Figura N° 6. IFA Subclases para el cantón de Siquirres. Fuente cartográfica: Grupo Consultor ECG-UNA del Convenio de Transferencia No Reembolsable No. TR-03/02-G

La resultante de la integración en SIG de los IFA: Antropoaptitud, Edafoaptitud, Bioaptitud y Geoaptitud Integrado, determina las subclases según el Decreto Ejecutivo 32 967 MINAE en el Punto 5. El procedimiento a seguir para generación de mapas de OAT basados en la metodología del IFA, en la Sección 5.12; la elaboración del Mapa de IFA está integrado y detallado en las Líneas 5.12.4 y 5.12.5. Seguidamente se encuentra adjunta la Tabla N°1 y el Gráfico N°6, los cuales detallan las seis columnas de las zonas IFA subclases, en un orden de categorías de Muy Alta fragilidad (I) hasta Muy Baja (V), y las subdivisiones entre ellas por orden alfabético (A-B-C-D). Este IFA debe describir las características y limitantes según las variables de IFA Geoaptitud, IFA Edafoaptitud, IFA Antropoaptitud e IFA Bioaptitud y su recomendación en el posible uso del suelo para el territorio del Cantón de Siquirres, provincia de Limón.

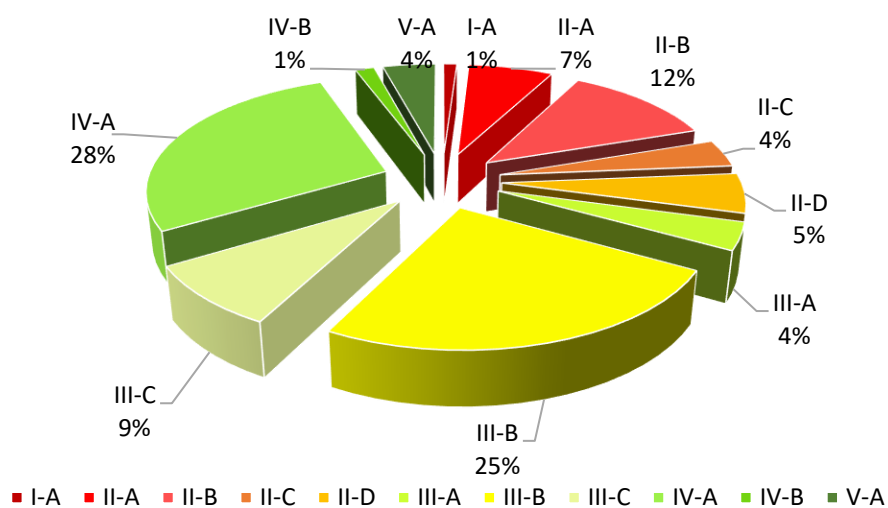


Gráfico N° 6. Porcentajes resultantes del IFA de Subclases del Cantón de Siquirres. Fuente: Modificado del Equipo Consultor ECG-UNA

Tabla N° 1. Datos de área y porcentaje del IFA de Subclases del Cantón de Siquirres según su fragilidad ambiental del territorio.

IFA Subclases	área m ²	área km ²	Porcentaje
I-A	8.944.465	8,944	1%
II-A	57.459.177	57,459	7%
II-B	102.772.591	102,773	12%
II-C	32.920.246	32,920	4%
II-D	47.436.690	47,437	6%
III-A	32.642.734	32,643	4%
III-B	210.460.053	210,460	25%
III-C	74.527.121	74,527	9%
IV-A	237.917.832	237,918	28%
IV-B	12.913.708	12,914	2%
V-A	35.799.895	35,800	4%
Total		854	100%

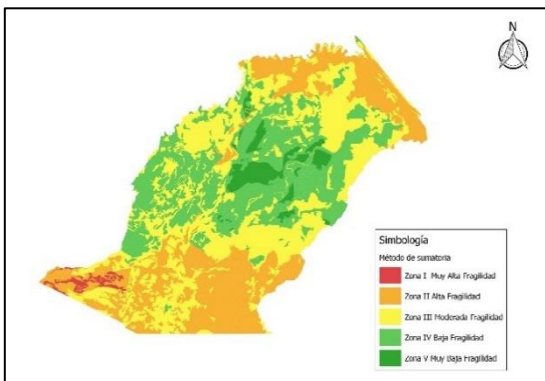
Fuente: Modificado del Equipo Consultor ECG-UNA

Discusión

Según el decreto vigente 32 967 MINAE, la elaboración del Mapa del IFA Integrado se obtiene mediante “la suma de todos los puntos, por medio de una ecuación, la cual definirá la zonificación de las áreas ambientalmente frágiles en zonas (Zona I) IFA muy alto, (Zona II) IFA alto, (Zona III) IFA moderado, (Zona IV) IFA bajo y (Zona V) IFA muy bajo”. Otros autores como Dávila, H. & Mc Donald, R. (2009) indican que “La Fragilidad ambiental unificada es la sumatoria algebraica de las fragilidades ambientales parciales; se fundamenta en las características generales de las metodologías de fragilidad ambiental expuestas en el apartado anterior; se suma a ella los conceptos de fragilidad ambiental intrínseca ya propuestos en el decreto No. 32 967 MINAE denominado Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA)”

Por otro lado, Saborío, J. & Saborío M. (2016) proponen un cambio de proceso en cuanto al planteamiento de la sintaxis de la herramienta SIG, promoviendo el combinar las bases de datos utilizando la herramienta vectorial del QGIS Nødebo 2.16, llamada Herramienta de gestión de datos – Combinar capas vectoriales y no promediar las 65 variables obtenidas en la fase diagnóstica, con la justificante de que, al sumar los promedios ponderados de las variables, los datos reales minimizan valores mínimos que son muy importantes a la hora de visualizar las diferentes áreas de zonificación. El comparativo de la figura N°7, donde se realiza el ejercicio de los dos métodos (sumatoria y ponderación comparado al método de combinación) describen considerables variaciones en los porcentajes de la zonificación territorial de la fragilidad ambiental existente en el cantón de Siquirres.

Comparativo del método por sumatoria y promedios y método por combinación

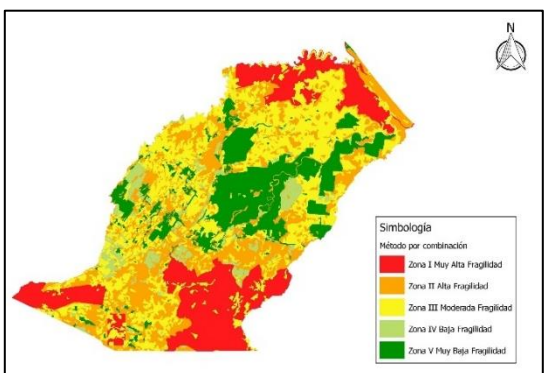


Método por sumatoria y promedios

Representa el 6% aproximado de las áreas con Muy Alta Fragilidad.

Zonifica un 34% aproximado de Alta Fragilidad. Concentra hasta un 13% aproximado con áreas de Muy Baja Fragilidad.

Existe una distribución del 35% en áreas de Moderada Fragilidad y un 12% aproximado como Baja Fragilidad.



Método por combinación

Representa el 32% aproximado de las áreas con Muy Alta Fragilidad.

Zonifica un 13% aproximado de Alta Fragilidad.

Concentra hasta un 21% aproximado con áreas de Muy Baja Fragilidad.

Existe una distribución del 22% aproximado en áreas de Moderada Fragilidad y un 12% aproximado como Baja Fragilidad.

Figura N° 7. Percepción visual y comparación en porcentajes del método por sumatoria y ponderación contra el método de combinación de IFA. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El acceso a la información cartográfica base para ejecutar la fase diagnóstica de la metodología de los IFA, específicamente a las capas vectoriales o ráster, conlleva en primera instancia un proceso largo y de mucha tramitología para obtener las capas oficiales específicas para cada generador gubernamental (Sector público); por otro lado, en la empresa privada, solo se entregan archivos en formato PDF (Portable Document Format) o jpg (Joint Photographic Experts Group) para la cartografía ante los trámites en SETENA, imposibilitando el acceso directo a las bases de datos y obligando a contratar a un profesional para que vuelva a realizar el levantamiento de la geo información o en su efecto planes reguladores con aprobación de la variable ambiental. La aplicabilidad de los mapas IFA determinará el alcance ambiental para su fase de pronóstico y propuestas de planificación del uso del suelo en la jurisprudencia municipal, al cumplir con esta fase se culminará con los lineamientos técnicos a seguir (uso conforme o no conforme) incorporando la variable ambiental al proceso para cumplir con la Viabilidad Ambiental (Licencia) requerida por SETENA ante la solicitud de permisos ambientales en actividades, obras o proyectos del cantón de Siquirres o de cualquier otro gobierno local que tenga aprobada esta metodología en su plan regulador.

De los 141 Expediente Administrativos en SETENA, con incorporación de la variable ambiental en sus Planes Reguladores cantonales y distritales, se detalla que el 62% de los procesos están archivados, el 19% tiene viabilidad ambiental, el 5% esta con viabilidad ambiental vigente, el 4% de los Expediente Administrativos están activos con suspensión de plazo a solicitud del proponente, el otro 2% presenta el Expediente

Administrativo activo en espera de ingreso de estudios técnicos, el 6% con Expediente Administrativo unificado con otro posterior de la misma área a planificar y el último 2% tiene el visto bueno de los IFAs.

Bajo los criterios de extensión territorial adyacente y las características geológicas, edafológicas, biológicas y antropológicas similares, que comparten algunos cantones del país, se propone una zonificación de IFAs (basado en límites de fragilidad del recurso natural y no por divisiones político administrativas), que abarque uno o varios cantones con OAT similar para que logren organizarse y costear entre varios municipios los costos tan elevados para la implementación de los estudios técnicos del componente ambiental en sus planes reguladores y así obtener la viabilidad ambiental por regiones a una escala 1: 50 000, pero para áreas de alta fragilidad ambiental un estudio estrictamente a una escala 1: 5 000 como mínimo en todos los mapas presentados ante SETENA.

Debido a que los planes reguladores no suplen la totalidad del requerimiento ambiental de la planificación de uso del suelo, se hace indispensable que se cree una estrategia de ordenamiento territorial basada en el marco jurídico relacionado y vigente, que establezca los lineamientos mínimos ordenadores de una política nacional sobre el tema. El manejo de los recursos naturales en un cantón o una zona de manejo ambiental del territorio se podrían delimitar mediante el uso de los límites estructurales de las cuencas hidrográficas, ya que su estructura responde a una planificación integral de las variables sociales, económicas, políticas y ambientales que deben ser fortalecidas en las reformas al Decreto Ejecutivo N° 32 967 y su metodología IFA.

Referencias

- Alvarado, L., García, M. (2008). Características más relevantes del paradigma socio-crítico: su aplicación en investigaciones de educación ambiental y de enseñanza de las ciencias realizadas en el Doctorado de Educación del Instituto Pedagógico de Caracas. Sapiens. Revista Universitaria de Investigación. Año 9, No. 2, diciembre 2008. Caracas, Venezuela. 202 pp.
- Astorga, A & Campos, L. (2009). Segundo Congreso Internacional sobre Geología y Minería en la Ordenación del Territorio y en el Desarrollo. Utrillas-2009, P.12 pp 153-158
- Atlas Digital de Costa Rica. (2000). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en el sitio web <http://revistas.tec.ac.cr/investigacion/?q=node/159> (Consultado el 02 de febrero del 2015)
- Atlas Digital de Costa Rica. (2014). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en el sitio web <http://revistas.tec.ac.cr/investigacion/?q=node/159> (Consultado el 25 de febrero del 2016)
- Barrantes, G. (2012). En torno a la prevención. Revista N°9 (ISSN:1659-3057), pp. 2. Disponible en el sitio web <http://www.relaciger.org/revista/pdf/spa/doc901/doc901-contenido.pdf> (Consultado el 07 de octubre del 2016).
- Bosque J.1992. Sistemas de Información Geográfica – Ediciones Rialph S.A. España – 1992
- Centro de Investigaciones Agronómicas - CIA. (2016) (en línea) Disponible en http://www.cia.ucr.ac.cr/?page_id=139 Consultado 05 de enero de 2016.
- Comisión Nacional de Emergencias, 2014. Normas y elementos básicos de gestión municipal del riesgo de desastre con énfasis en prevención, control y regulación territorial / Javier Saborío Bejarano, María del Mar Saborío Víquez, Sergio Mora Castro. – 1a. Ed. – San José, C.R. : La Comisión, Sistemas Geoespaciales, 2014.
- Comisión Nacional de Emergencias, 2014. Normas y elementos básicos de gestión municipal del riesgo de desastre con énfasis en prevención, control y regulación territorial / Javier Saborío Bejarano, María del Mar Saborío Víquez, Sergio Mora Castro. – 1a. Ed. – San José, C.R. : La Comisión, Sistemas Geoespaciales, 2014.
- Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía. Dirección de Geología y Minas. Lineamientos y estándares del mapa geológico de Costa Rica a escala 1:50 000 / DGM, MINAE. - - San José, Costa Rica: DGM, MINAE, 2017. 124 p.: il. : Col.; 28 cm.
- Creswell, J. W., & Plano-Clark, V. L. (2007) Designing and conducting mixed methods research. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Dávila, H. Mc Donald, R. (2009). Propuesta de plan de manejo ambiental para aplicar a la cuenca alta y media del río Toro, Costa Rica, con base en índices de fragilidad ambiental.
- Dobles, C., Zúñiga, M. y García, J. (1998). Investigación en educación: procesos, interacciones y construcciones. San José: EUNED.
- Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica. (2015). (en línea) Disponible en <http://www.geologia.ucr.ac.cr/> Consultado 22 de agosto de 2016.

- Gómez, D. (2002). Ordenación Territorial. Ediciones Mundi-Prensa, Editorial Agrícola Española S.A., 704 p. (Madrid).
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación (5ta ed.). México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Herrera, B. (2009). Evaluación y monitoreo de recursos naturales. (3 ed.). México: Universidad de Chapingo.
- Instituto Geográfico Nacional. (2015). (en línea) Disponible en http://www.registronacional.go.cr/instituto_geografico/index.htm Consultado 22 de agosto de 2016.
- Instituto Geográfico Nacional. (2016). (en línea) Disponible en http://www.snitr.go.cr/pdfs/normativa_tecnica/NTIG_CR01_01_2016%20MARCO%20REFERENCIA%20GEODESICO%20DE%20COSTA%20RICA.pdf Consultado 05 de setiembre de 2016.
- Instituto Nacional de Ecología. (2000). La evaluación del impacto ambiental: logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000. México: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Kendall, K. & Kendall J. (1997). Análisis y diseño de sistemas. Tercera Edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana S.A. (México): 52 pp.
- La Gaceta, 1994. C.R. Decretos. "Metodología Oficial para La Determinación de la Capacidad de Uso de la Tierra en Costa Rica" Decreto Ejecutivo N° 23214-MAG-MIRENEM, publicado en La Gaceta N° 107 del 6 de junio de 1994.
- La Gaceta, 2005. C.R. Decretos. "Reglamento para agilizar las acciones de revisión y aprobación de Planes Reguladores Locales y Costeros", Decreto Ejecutivo N° 38782-MINAE-MAG-MIVAH-MIDEPLAN. Diario Oficial La Gaceta N° 22 (San José, C.R.) 02 de febrero, 2015.
- La Gaceta, 2006. C.R. Decretos. "Procedimiento Técnico para la Introducción de la Variable Ambiental en los Planes Reguladores u otra Planificación de Uso del Suelo", Decreto N° 32967-MINAE. Diario Oficial La Gaceta N° 85 (San José, C.R.) 04 de mayo, 2006.
- La Gaceta, 2006. C.R. Decretos. "Procedimiento Técnico para la Introducción de la Variable Ambiental en los Planes Reguladores u otra Planificación de Uso del Suelo", Decreto N° 32967-MINAE. Diario Oficial La Gaceta N° 85 (San José, C.R.) 04 de mayo, 2006.
- Ley de Planificación Urbana. N°4240. Diario Oficial La Gaceta N°274, San José, Costa Rica, 31 de noviembre de 1968.
- Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelo. N°7779. Diario Oficial La Gaceta N°97, San José, Costa Rica, 21 de mayo de 1998.
- Ley Forestal. N°7575. Diario Oficial La Gaceta N°72, San José, Costa Rica, 16 de abril de 1996.
- Ley Nacional de Emergencias. N°7914. Diario Oficial La Gaceta N°199, San José, Costa Rica, 13 de octubre de 1999.
- Ley Orgánica del Ambiente. N° 7554. Diario Oficial La Gaceta N°215, San José, Costa Rica, 13 de noviembre de 1995.
- Ley sobre la Zona Marítimo Terrestre. N°6043. Diario Oficial La Gaceta N°52, San José, Costa Rica, 16 de marzo de 1977.
- Massiris, A. (2000). Ordenamiento territorial: experiencias internacionales y desarrollos conceptuales y legales realizados en Colombia. Segunda parte. Bogotá, Colombia, 27 pp. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/orden/presen.htm>
- Mata, R. 1991. Los Ordenes de suelos de Costa Rica. Taller de Erosión. Memoria, Heredia, MADE, UNA.
- Ministerio de Planificación y Política Económica, 2014. Unidad de Fondo de Preinversión. Estudio de Auditoría 016-2014. Disponible en https://documentos.mideplan.go.cr/.../Informe_016-2014_Unidad_de_Pre inversion Consultado 22 de noviembre de 2015.
- Ministerio de Planificación y Política Económica, 2014. Unidad de Fondo de Preinversión. Estudio de Auditoría 016-2014. Disponible en https://documentos.mideplan.go.cr/.../Informe_016-2014_Unidad_de_Pre inversion Consultado 22 de noviembre de 2015.
- Mora, S. & Vahrson, W.G. (1992). Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. - En: ALZATE, J.B. (ed.): Memoria del Primer Simposio Internacional sobre Sensores Remotos, Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el Estudio de Riesgos Naturales (Bogotá): 259 - 273.
- Municipalidad de Siquirres (2011). Sesión Ordinaria N°070. Disponible en web <http://siquirres.go.cr/index.php/actas-municipales/category/13-actas-ordinarias-2011?download=411:Actas%20Municipales%20Ordinarias%20del%20a%C3%B1o%202011>. Consultado 22 de noviembre de 2015.
- Municipalidad de Siquirres, Universidad Nacional de Costa Rica (2011). Plan Regulador del Cantón de Siquirres. Incorporación de la Variable Ambiental. Proyecto financiado mediante Convenio de Transferencia No Reembolsable N° TR –O3/02-G del Fondo de Pre inversión del MIDEPLAN y la Municipalidad del Cantón de

- Siquirres. Oficio N° 06915 de 15 de junio del 2005.
- Municipalidad de Siquirres, Universidad Nacional de Costa Rica (2011). Plan Regulador del Cantón de Siquirres. Incorporación de la Variable Ambiental. Proyecto financiado mediante Convenio de Transferencia No Reembolsable N° TR –03/02-G del Fondo de Pre inversión del MIDEPLAN y la Municipalidad del Cantón de Siquirres. Oficio N° 06915 de 15 de junio del 2005.
- Najar, C. y Giger, C. (2006). Spatial Data and Metadata Integration for SDI interoperability. Under Review for the International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, submitted 2006-09-25.
- Najar, C. y Giger, C. (2006). Spatial Data and Metadata Integration for SDI interoperability. Under Review for the International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, submitted 2006-09-25.
- Peréz, M. & Alvarado, R. (2003). Los planes reguladores en Costa Rica: Cantonales y Costeros. Serie Ordenamiento Territorial N°2, 2003.
- Perfil Latinoamericano de Metadatos (2011). LAMP-IPGH. Instituto de Geográfico Agustín Codazzi. Disponible en <http://metadatos.ign.es/MD-theme/documentos/Perfil%20Latinoamericano%20de%20Metadatos%20-%20LAMP.pdf> Consultado 05 de setiembre de 2016.
- Plan Nacional de Ordenamiento Territorial 2012 – 2040. Decreto Ejecutivo N°37623 PLAN-MINAET-MIVAH. Ministerio de Vivienda y Urbanismo y Asentamientos Humanos. Publicado en el Diario Oficial La Gaceta N°89 del 10 de mayo del 2013. Disponible en http://www.gaceta.go.cr/pub/2013/05/10/COMP_10_05_2013.pdf
- Poder Ejecutivo. (28 de junio de 2004). Decreto N° 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC: Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). San José, C.R. : La Gaceta N° 125 Diario Oficial, pp. 2-34.
- Poder Ejecutivo. (4 de mayo de 2006). Decreto N° 32967-MINAE: Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. San José, C.R. : La Gaceta N° 85 Diario Oficial, pp. 2-23.
- Quirog, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. Santiago: CEPAL.
- Ramírez, D., Vidal, A. & Domínguez, Y. (2009) Etapas del Análisis de Factibilidad. Compendio Bibliográfico en Contribución a la Economía. 2009. Disponible en <http://www.eumed.net/ce/2009a/amr.htm> Consultado 13 de agosto de 2015.
- Ritter G, Wilson J and Davidson J (1990), "Image algebra: An overview.", Computer Vision, Graphics and Image Processing. Vol. 49, pp. 297-331.
- Secretaría Técnica Nacional Ambiental. (2015). (En línea) Disponible en <https://www.setena.go.cr/>. Consultado 10 de febrero de 2015.
- Secretaría Técnica Nacional Ambiental. (2016), Plan Regulador del Cantón de Siquirres. Incorporación de la Variable Ambiental. Expediente Administrativo N° EAE 07-2012.
- Secretaría Técnica Nacional Ambiental. (2016), Plan Regulador del Cantón de Siquirres. Incorporación de la Variable Ambiental. Expediente Administrativo N° EAE 07-2012.
- Sedano, A. (2007) La cuestión del método en la pedagogía social. Educación y Educadores. 2007, Volumen 10, Número 1, pp. 165.
- Sedano, A. (2007) La cuestión del método en la pedagogía social. Educación y Educadores. 2007, Volumen 10, Número 1, pp. 165.
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2016). (En línea) Disponible en <http://www.pgrweb.go.cr/scij/> Consultado 22 de agosto de 2015.
- Sistema de Información de los Recursos Forestales de Costa Rica. (2005). (En línea) Disponible en http://www.sirefor.go.cr/?page_id=872 Consultado 22 de agosto de 2015.
- Sistema Nacional de Información Territorial. (2015). (En línea). Disponible en <http://www.snitr.go.cr/> Consultado 01 de agosto de 2016.
- Sistema Nacional de Información Territorial. (2015). (En línea). Disponible en <http://www.snitr.go.cr/> Consultado 01 de agosto de 2016.
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (1998). Mixed Methodology: Combining Qualitative and Quantitative Approaches. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Tosi, J. 1995. Manual para la determinación de la capacidad de uso de la tierra en Costa Rica. Centro Científico Tropical (CCT). San José, Costa Rica. 72 p.
- Velásquez, S. (2014). Introducción al Análisis espacial y Geoestadística. Manual de Prácticas N°4. Álgebra de Mapas y Modelador Gráfico. CATIE. 2014.