

El método Dávila & Mc Donald (I) para la estimación de la fragilidad ambiental del territorio, el caso de la cuenca del río Toro, Costa Rica

Homer Dávila Gutiérrez

Geo Group Resources & Projects. CEO.

Universidad Católica de Costa Rica.

e-mail: hdavila@geogroupcr.com

Resumo

O método proposto para determinar espacialmente a fragilidade ambiental do território do fato de que cada espaço tem uma fragilidade intrínseca, que direta e indiretamente reflete as características predominantes, de acordo com diversas variáveis, tais como: clima, paisagem, solos, etc

De acordo com a metodologia Davila & Mc Donald (I), é necessária para o estabelecimento da Fragilidade Ambiental Unificada, a soma das fragilidades parcial, pelo menos, dez variáveis ambientais.

Este método permite que sejam tratados estatisticamente e tem um mapeamento de representação espacial, como analiticamente envolve a sobreposição de mapas parciais de fragilidade ambiental, resultando no chamado Mapa de Fragilidade Ambiental Unificada, que permite orientar as políticas, leis e ações para reduzir o impacto ambiental das atividades humanas.

A aplicação deste método foi realizado na bacia do Rio Toro, na província de Alajuela, Costa Rica, onde ele conseguiu completar um mapa unificado de fragilidade ambiental que pode eventualmente ser usado como um guia para o ordenamento do território.

Palavras-chave: fragilidade ambiental, avaliação de impacto ambiental, ordenamento do território.

Résumé

La méthode proposée pour déterminer l'espace de la fragilité de l'environnement du territoire du fait que chaque espace a une fragilité intrinsèque, qui directement ou indirectement reflète les traits dominants, en fonction de différentes variables, y compris: relief, climat, sols, etc

Selon la méthodologie Dávila & Mc Donald (I), est nécessaire pour la mise en place de la fragilité de l'environnement unifié, la somme des faiblesses partielle au moins dix variables environnementales.

Cette méthode permet de traiter statistiquement et dispose d'une cartographie représentation spatiale, comme analytique consiste à se chevauchent cartes partielles de la fragilité de l'environnement, entraînant finalement la soi-disant unifiée de l'environnement carte de fragilité, qui permet d'orienter les politiques, les lois et les actions à réduire l'impact environnemental des activités humaines.

L'application de cette méthode a été réalisée dans le bassin de la rivière Toro dans la province d'Alajuela, Costa Rica, où il a réussi à terminer sur un plan unifié de la fragilité de l'environnement, qui peut éventuellement être utilisé comme un guide pour l'aménagement du territoire.

Mots clés: fragilité de l'environnement, évaluation d'impact environnemental, l'aménagement du territoire.

Abstract

The proposed method to determine spatially the environmental fragility of the territory of the fact that every space has an intrinsic fragility, which directly and indirectly reflects the predominant features, according to different variables, including: landscape, climate, soils etc. According to the methodology Dávila & Mc Donald (I), is necessary for the establishment of the Unified Environmental Fragility, the sum of the partial frailties at least ten environmental variables.

This method allows to be treated statistically and has a spatial representation mapping, as analytically involves overlapping partial maps of environmental fragility, ultimately resulting in the so-called Unified Environmental Fragility Map, which allows to guide policies, laws and actions to reduce the environmental impact of human activities.

The application of this method was carried out in the Toro River basin in the province of Alajuela, Costa Rica, where he managed to complete a unified map of environmental fragility that may eventually be used as a guide for land use planning.

Key words: fragile environment, environmental impact assessment, land use planning.

Resumen

El método propuesto para determinar espacialmente la fragilidad ambiental del territorio parte del hecho de que todo espacio posee una fragilidad intrínseca, la cual se refleja directa e indirectamente en las características predominantes, según diferentes variables; entre ellas: paisaje, clima, suelos etc.

Según la metodología Dávila & Mc Donald (I), es necesario para la determinación de la Fragilidad Ambiental Unificada, la suma algebraica de las fragilidades parciales de por lo menos diez variables ambientales.

Dicho método permite ser tratado estadísticamente y tiene una representación espacial cartográfica, ya que analíticamente comprende la sobreposición de mapas de fragilidad ambiental parcial, dando como resultado final el denominado Mapa de Fragilidad Ambiental Unificada, el cual permite orientar las políticas, leyes y acciones, para reducir el impacto ambiental de las actividades antrópicas.

La aplicación de este método se llevó a cabo en la cuenca hidrográfica del río Toro, en la provincia de Alajuela, Costa Rica; donde se logró realizar un mapa de fragilidad ambiental unificada que finalmente puede ser utilizado como guía para el ordenamiento territorial.

Palabras clave: *fragilidad ambiental, evaluación de impacto ambiental, ordenamiento territorial.*

Introducción

Los países en vías de desarrollo, tales como el caso de Costa Rica, son los que ejercen una mayor presión sobre los recursos naturales. El interés por alcanzar un rápido enriquecimiento económico por parte de la población y el descontrol en el manejo de las externalidades negativas, ha puesto en «jaque», la existencia de los recursos naturales y ello ha perjudicado en última instancia al mismo ser humano. (Clarke. 1982)

El caso costarricense, en materia ambiental nace de toda una generación que volcó su interés hacia el tema de la disponibilidad a futuro de los recursos naturales. Muestra de ello, es lo joven de la inserción en la carta magna del país, del artículo 50, que menciona por vez primera, el tema ambiental.

El surgimiento de una ley rectora en materia ambiental, la creación de un órgano técnico encargado de velar y coordinar los procesos de evaluación de impacto ambiental, ha dado un rostro más formal a la política de un estado que debería estar comprometido con las generaciones futuras.

En este sentido, la presente investigación es un aporte significativo a una de las visiones ya expuestas, el denominado ordenamiento territorial; pues comprende una aproximación a un marco de acciones técnicas, políticas y administrativas para tratar de restringir el uso inadecuado del espacio, asimilando el concepto del espacio desde la relación íntima entre el hombre y su territorio.

Es así como la propuesta de plan de manejo ambiental para la cuenca del río Toro, orienta los esfuerzos hacia la estimación de áreas ambientalmente frágiles, basándose en el concepto de fragilidad intrínseca de los terrenos partiendo de una muy variada sumatoria de variables ambientales.

Se ha buscado en la presente investigación, la determinación de espacios homogéneos de fragilidad ambiental. Este objetivo no solamente se ha podido lograr, sino que además se ha querido ir más allá, buscando posibles soluciones ambientales, técnicas, políticas y económicamente viables para estas áreas.

La metodología de fragilidad ambiental Dávila & Mc Donald (I), que se propone en el presente informe, es el desarrollo de una método muy bien documentada, que ha buscado contribuir de una manera más acorde con la realidad, en la reforma de los estudios de fragilidad ambiental, denominados por un decreto ejecutivo como IFAS (índices de fragilidad ambiental); pues se ha visto como en dicha metodología, existen muchas vacíos

conceptuales y pobres desarrollos técnicos de los diferentes apartados; aunado a que resalta el marcado interés hacia los estudios geológicos, que a pesar de que son importantes, no son decisivos en materia ambiental.

Metodología Dávila & Mc Donald (I)

La fragilidad ambiental es el grado de debilidad intrínseca que hace que un ambiente pueda deteriorarse con facilidad; en tanto que la fragilidad ambiental parcial se puede interpretar como el grado de debilidad intrínseca con respecto a una variable ambiental (p.e. geología, paisaje etc). La Fragilidad ambiental unificada es la sumatoria algebraica de las fragilidades ambientales parciales. (Véase tabla 1, 2 y 3)

El método Dávila & Mc Donald (I) 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. 32967 MINAE denominado Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA).

<p>Geología</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Textura superficial del suelo.(con base en clasificación de la USDA) 2. Espesor del suelo(profundidad) 3. Erosión 4. Litología-meteorización 5. Pedregosidad 	<p>Hidrología superficial y subterránea</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Drenaje 2. Cuerpos y espejos de agua. 3. Confinamiento 4. Profundidad de nivel freático(en metros) 5. Ocurrencia del sustrato suprayacente(características litológicas y grado de consolidación de la zona n o saturada o capas confinantes)
<p>Geomorfología</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pendiente en grados 2. Relieve relativo 3. Geoformas 4. Densidad de drenaje(km/km2) 5. Orientación de la pendiente. 	<p>Zonas de vida y factores biológicos</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zona 2. Especies vegetales en peligro de extinción 3. Especies animales en peligro de extinción
<p>Capacidad de Uso de la Tierra</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Capacidad de uso 	<p>Uso actual de la tierra</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Uso
<p>Amenazas Naturales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Potencial sísmico.(escala de Mercalli) 2. Amenaza volcánica 3. Zonas de inundación con 	<p>Diversidad y riqueza paisajística (empleándose la metodología de Bolós i Capdevila)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dominancia de elementos(Predominio de

respecto a avenidas máximas y relieve. 4. Fallamiento. 5. Amenaza por deslizamientos	elementos abióticos) 2. Dominancia de elementos(Predominio de elementos bióticos) 3. Dominancia de elementos(Predominio de elementos antrópicos)
Pedología 1. Orden 2. Suborden 3. Gran grupo	Climatología-Meteorología 1. Precipitaciones medias anuales(mm) 2. Horas sol 3. Temperaturas medias mensuales(C0) 4. Meses secos

Tabla 1. Variables de Fragilidad Ambiental Unificada según el método Dávila & Mc Donald (I)

Para calcular el índice de fragilidad ambiental unificado se emplea la siguiente fórmula:

$$IFAu = \sum_{i=1}^{10} IFAp_i(p_i)$$

Donde:

$IFAu$ = Índice de Fragilidad Ambiental Unificada

$IFAp$ = Índice de Fragilidad Ambiental Parcial

p_i = Peso específico o ponderación $IFAp_i$	p_i
$IFAp_{geol}$	10
$IFAp_{geomorf}$	10
$IFAp_{capuso}$	10
$IFAp_{usotierra}$	10
$IFAp_{amenaznat}$	10
$IFAp_{hidrol}$	10
$IFAp_{zonvidabiol}$	10
$IFAp_{paisaje}$	10
$IFAp_{clima}$	10
$IFAp_{pedol}$	10

Tabla 2. Ponderación de variables de fragilidad ambiental.

Para el desarrollo de metodología Dávila & Mc Donald (I) a nivel de cuencas hidrográficas, se recomienda el empleo de la escala 1:50 000, debido a que ofrece un margen de error máximo de 50 metros en la realidad; mientras que para estudios de mayor detalle, es recomendable el empleo de escalas mayores, tales como la 1:25 000.

Categorías de fragilidad	Características
I Muy Baja	La fragilidad ambiental intrínseca resulta <u>insignificante</u> . Reúne las condiciones ambientales que la convierten en un área sumamente apta para el desarrollo de cualquier tipo de actividad humana, siempre y cuando se tomen todas las medidas pertinentes para mitigar, reducir, eliminar o potenciar los impactos ambientales.
II Baja	Las condiciones ambientales imperantes bajo esta categoría <u>son buenas</u> , permitiendo el uso de la mayor parte de las actividades humanas. Sin embargo existen limitantes que podrían restringir el cambio del uso de la tierra.
III Intermedia	La fragilidad ambiental intrínseca resulta el punto medio entre las áreas que reúnen características permisibles para el desarrollo de cualquier actividad, hasta aquellas que comprenden un peligro latente tanto para el ser humano, como por desastres ecológicos. Bajo esta categoría, se <u>debería impedir el cambio de uso de la tierra</u> , y las <u>áreas naturales no protegidas deberían ser utilizadas como zonas de amortiguamiento o regeneración natural</u> .
IV Alta	Bajo esta categoría, los factores ambientales son sumamente frágiles. <u>No se deberían desarrollar nuevas actividades humanas</u> ; y las que ya se realizan <u>deberían tender a no incrementarse, ni tampoco aumentar la capacidad de carga actual</u> .
Muy Alta	Comprende aquellas áreas en donde resultará sumamente negativo <u>desarrollar actividades humanas</u> , y <u>toda actividad nueva que tienda a realizar un cambio en el uso de la tierra</u> . Las áreas bajo esta categoría son

ambientes muy inestables, y altamente sensibles a la presión humana, por lo tanto su vocación es para la conservación absoluta o como áreas para la regeneración natural.

Tabla 1. Principales características de la Fragilidad Ambiental Unificada.

Ubicación de la zona de estudio

El área de estudio comprende la cuenca alta y media del río Toro y cuenta con un área de 163,21 km², la cual pertenece a la macrocuenca del Sarapiquí. Su ubicación política administrativa es la siguiente (véase tabla 4).

Microcuenca del río Toro	
Provincia	Cantón
Alajuela	Valverde Vega
	San Carlos
	Poás
	Alfaro Ruiz
	Grecia
Heredia	Sarapiquí

Tabla 4. Ubicación político administrativa del área de estudio.

Fragilidad ambiental de la cuenca del río Toro

En la microcuenca predomina una categoría de alta fragilidad ambiental unificada, es así como setenta y nueve de cada cien hectáreas de la cuenca, posee una alta fragilidad ambiental. La distribución espacial de esta categoría de fragilidad se encuentra distribuida por la mayor de la cuenca, y se encuentra parcialmente seccionada por los terrenos donde la fragilidad es muy alta. Así mismo, es notorio como la fragilidad alta y muy alta se sitúan desde la parte alta de la cuenca hasta alcanzar la parte más plana de la cuenca, en las cercanías del poblado Colonia del Toro (Véase el mapa contenido en la figura 7).

Categorías	Superficie en hectáreas
Muy baja	0
Baja	0

Intermedia	1250,00
Alta	12920,02
Muy alta	2151,00
Total	16321,02

Tabla 5. Fragilidad ambiental unificada. Distribución de fragilidad ambiental parcial según superficie.

Otro hecho importante de señalar, es que el río Toro se ubica dentro del área de alta fragilidad; comprendiendo desde el sitio donde nace, hasta el límite Norte donde comienzan las llanuras de San Carlos.

De los diez centros de población de la cuenca, solamente dos de ellos (Colonia del Toro y Paraíso), se sitúan dentro de una fragilidad ambiental intermedia.

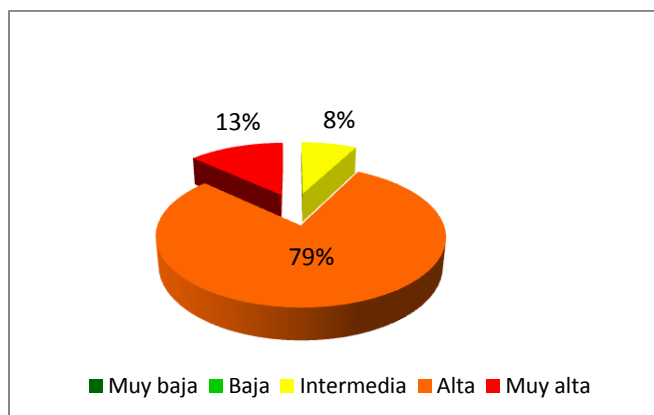


Figura 1. Fragilidad ambiental unificada. Distribución de superficie según categoría.

En la tabla 5 se han ubicado las cinco categorías de fragilidad ambiental unificadas según la superficie en hectáreas que cubren. De ella, se aprecia que han quedado excluidas las categorías muy baja y baja, pues no se han encontrado zonas homogéneas que ponderen más que las restantes categorías.

En el gráfico contenido en la figura 1, solamente ocho de cada cien hectáreas de la cuenca, cuenta con una fragilidad ambiental intermedia; y como se señaló anteriormente, ella se ubica principalmente en el Norte de la cuenca, correspondiendo a la vez con las secciones más llanas del área de estudio.

Las principales áreas con fragilidad muy alta, han coincidido con la vertiente oeste del cerro Congo, una sección del flanco oeste del volcán Poás, con el límite suroeste de la cuenca, y los sitios donde nacen el río Toro, quebrada Azufrada, río Segundo y el río Agrio.

Así mismo, es necesario hacer ver, que la estimación de la fragilidad ambiental en un mapa unificador, denominado MFAu, no supone por sí misma, la determinación final del uso de la tierra; sino que solamente comprende los estudios básicos ambientales que le permiten a las autoridades rectoras, actores políticos y ciudadanía en general orientar el uso permisible.

Las fotografías 1, 2, 3 y 4 ejemplifican algunos sectores identificados en el Mapa de Fragilidad Ambiental Unificada (MFAu) como de muy alta fragilidad. De ello, sobresale el hecho de que buena parte del cerro Congo posee una muy alta fragilidad, la cual confirma o comprueba que tanto la metodología Dávila & Mc Donald (I) como los resultados que de ella se derivaron, poseen alto grado de acierto y rigurosidad científica.

Las restricciones de uso y el uso potencial propuesto para la cuenca, se basan en las condiciones expuestas en la tabla 3. (Dávila & Mc Donald 163-168).



Figura 2. Situación actual de la carretera que comunica Alto Palomo con Bajos del Toro. Dicho sector se localiza dentro del área de fragilidad ambiental muy alta. Debido a la inestabilidad del terreno y las altas pendientes de este sector la convierten en una zona de alto riesgo.



Figura 3. Al fondo se aprecia un área que ha sido deforestada y donde se han realizado movimientos de tierra, puesto que se ha decidido construir un nuevo tramo de la carretera que comunica Alto Palomo con Bajos del Toro, atravesando la zona de muy alta fragilidad ambiental.



Figura 4. Situado dentro de las zonas de muy alta fragilidad ambiental, el cerro Congo permite corroborar el alto grado de acierto de la metodología Dávila & McDonald (I) que ha permitido estimar la fragilidad ambiental unificada. Esto con base a que dentro de toda la cuenca, los únicos efectos claros del evento sísmico del 8 de enero del 2009, provocaron grandes deslizamientos que arrasaron con enormes áreas de terreno.



Figura 5. En primer plano se aprecia la escuela de Colonia del Toro y al fondo el cerro Congo, el cual se identificó como una zona de muy alta fragilidad ambiental unificada.

Zonificación Ambiental

La zonificación ambiental es la herramienta por medio de la cual se logra «manejar» una cuenca hidrográfica. Esta zonificación es la primera etapa que siempre se debe incluir en todo plan de ordenamiento territorial, pues busca orientar los usos potenciales de los espacios geográficos.

IDEAM (2008), indica que la zonificación ambiental provee la localización geográfica y cuantificación de áreas con características físicas, biológicas y socioeconómicas propias, que la distinguen de otras áreas, su uso potencial sostenido y las necesidades de conservación para otros fines. Proporciona la información necesaria y provee las opciones disponibles para el desarrollo de políticas de ordenamiento territorial ambiental, en el contexto socioeconómico de cada región.

Se lograron identificar 23 zonas que potencialmente deberán ser integradas al sistema de áreas protegidas. La distribución espacial de las mismas se logra apreciar en el mapa de la figura 8 y aproximadamente corresponden a unas doscientas ocho hectáreas de terreno, lo cual representa tan solo el 1,27% de la superficie total de la cuenca.

La mayor parte de dichos terrenos cuentan con una ubicación muy próxima a las áreas protegidas por el estado, facilitando la conectividad entre ambas. La categoría de manejo más acorde para estos terrenos es la de Reserva Biológica, puesto que son áreas destinadas especialmente a la conservación de sitios frágiles o de mucho interés para la ciencia, por lo cual son conocidas como las áreas silvestres protegidas de mayor restricción o de mayor grado de protección.

Si han sido bien categorizadas (o sea que su categoría de manejo está sustentada con buenos argumentos técnicos) no deberían tener turismo dentro de ellas o cualquier otra actividad que no fuera la investigación y la educación, para evitar el daño a los ecosistemas frágiles o estudio que debería estar albergando. Dentro de esta categoría también se incluyen las llamadas Reservas Naturales Absolutas. (ELAP 2005).

Producto de las medidas ambientales propuestas anteriormente, el mapa de la figura 8 sintetiza la zonificación ambiental propuesta a raíz del análisis de la fragilidad ambiental y de los usos potenciales de la tierra. La tabla 6 y el gráfico de la figura 6 exponen la distribución de las categorías de uso propuestas según la superficie respectiva, resaltando que se plantea que aproximadamente sesenta y siete de cada cien hectáreas de la cuenca deben ser protegidos, mediante la integración al sistema de áreas protegidas. Únicamente siete de cada cien hectáreas de la cuenca cuentan con condiciones relativamente favorables para la ocupación humana y para el desarrollo de diversas actividades, pues el uso mixto de categoría III plantea que solamente proyectos de categoría B₂ y C puedan ser desarrollados dentro de estos terrenos. (Dávila & Mc Donald 2009).

Categoría de Uso	Hectáreas
Uso Mixto III	1191,49
Uso Restringido I	4187,02
Uso Restringido II	10 942,51
Total	16321,02

Tabla 6. Categorías de uso de la tierra según superficie

Conclusiones

- a) La aplicación de la metodología Dávila & Mc Donald (I) demostró que es posible la determinación de la fragilidad ambiental intrínseca unificada a través del estudio detallado de la fragilidad ambiental parcial de diez variables divididas en treinta y cinco subvariables.
- b) Las características ambientales de la cuenca del río Toro la convierten en un área ambientalmente frágil, ya que se demostró como las fragilidades parciales en su gran mayoría arrojaron valores entre alta y muy alta fragilidad.
- c) De la totalidad de las poblaciones de la cuenca del río Toro, solamente Colonia del Toro y Paraíso se ubican en áreas de intermedia fragilidad ambiental, mientras que el resto se sitúan en áreas de alta a muy alta fragilidad, lo cual pone en evidencia tanto la gran vulnerabilidad de dichas poblaciones a las amenazas naturales como también la gran vulnerabilidad de los distintos ambientes a ser impactados por las actividades humanas, puesto que al ser sumamente frágiles, el deterioro ambiental tiende a ser más rápido.
- d) Según las características de cada una de las cinco categorías de fragilidad ambiental, se consiguieron definir los usos potenciales y permisibles en la cuenca; logrando además unificar dichos usos con el Código Internacional de la Industria Uniforme (CIIU) que a fin de cuentas permite orientar también el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.
- e) Para la zona de intermedia fragilidad ambiental, no se recomienda el cambio de uso actual de la tierra, así como también se ha recomendado que las áreas naturales no protegidas se dediquen como zonas de amortiguamiento de las ASP y o para la regeneración natural.
- f) En la zona de alta fragilidad ambiental se recomienda la prohibición del cambio del uso actual de la tierra, también se ha establecido que en el proceso de evaluación de impacto ambiental, única y exclusivamente se aprobarán viabilidades ambientales para proyectos de ampliación o remodelación de la infraestructura existente de categoría C según el CIIU.
- g) Las áreas de muy alta fragilidad ambiental deberán ser totalmente protegidos de la intervención humana. En este sentido, dichos terrenos deberán pasar a formar parte del sistema de áreas silvestres protegidas (ASP); ya sea integrando estas áreas al patrimonio natural del estado, o a la protección privada o mixta.
- h) Por las condiciones de riqueza biológica, fragilidad ambiental y conectividad, se lograron identificar 23 áreas que deberán ser protegidas bajo el sistema denominado ASP.
- i) Solamente 17 de las 23 áreas que deberán ser integradas a las ASP, cuentan con una magnífica conectividad que permite que se incluyan dentro de los límites de alguna de las

áreas protegidas colindantes. Las seis restantes, podrán ser protegidas ya sea como servidumbres ecológicas o como reservas biológicas privadas.

- j) Bajo las condiciones de fragilidad ambiental unificada que posee la cuenca, noventa y tres de cada cien hectáreas del área de estudio posee importantes restricciones de uso; pues el 67% del área de la cuenca tiene una vocación de protección natural, catalogándose como área de uso restringido categoría II. Esta categoría indica que dichos terrenos deberán pasar a formar parte de las ASP y las actividades antrópica que se dan en ellos, deberán ser cesadas y las poblaciones reubicadas. Poco más de un cuarto de la superficie de la cuenca solo podrá desarrollar proyectos de ampliación o remodelación de infraestructura existente de categoría C, según el Código Internacional de la Industria uniforme (CIIU).
- k) Únicamente siete de cada cien hectáreas de terreno de la cuenca, podrá contar con actividades antrópicas más diversas, a la vez que en el caso de que se vayan a desarrollar nuevas obras o proyectos, éstas deberán ser las de categoría B₂ y C, según el Código Internacional de la Industria Uniforme (CIIU).
- l) El cerro Congo presentó las únicas evidencias de las consecuencias del evento sísmico del 8 de enero de 2009, puesto que en dicha zona se apreciaron la morfología producto de enormes deslizamientos de tierra y rocas, lo cual coincide perfectamente con la zona de muy alta fragilidad ambiental unificada expuesta en el MFAu. Este hecho podría corroborar lo eficaz de la metodología Dávila & Mc Donald (I) para la estimación de la fragilidad ambiental intrínseca; hipótesis que deberá ser aceptada o rechazada por posteriores investigaciones.
- m) Los programas de manejo necesarios para la correcta gestión ambiental territorial de la cuenca del río Toro son siete y cada uno de ellos ataca un problema en específico, estos son:
- Gestión comunitaria.
 - Educación ambiental.
 - Manejo de la biodiversidad y recursos naturales
 - Programa de gestión turística.
 - Programa de control y protección
 - Programa administrativo y financiero
 - Programa de zonificación

Bibliografía

- Alvarado, G., L.D., Morales; W., Montero; A., Climent y W., Rojas. 1988. Aspectos sismológicos y morfotectónicos en el extremo occidental de la cordillera volcánica de Costa Rica. – San José-Costa Rica, Rev. Geol. De Amer. Central.9: 75-98.
- Astorga, A.2002. Ordenamiento ambiental territorial para Costa Rica a corto, mediano y largo plazo: generación de cartografía para el desarrollo de los Índices de Fragilidad ambiental, como base para la toma de decisiones en Administración Territorial y Ambiental en Costa Rica.
- Basterrechea, Dourojeani, García, Novara, & Rodríguez.1996. Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de Cuencas Hidrográficas para Eventual Financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo. BID. Washington, D.C.
- Bolós, M. 1992. Manual de Ciencia del Paisaje. Barcelona, España.
- Bonilla V., Adriana & Castrillo L., Rebeca. Noviembre 1999. Diagnóstico Biofísico y Social para el Ordenamiento Territorial de la cuenca alta y media del río Toro, Alajuela, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. UCR.
- Clarke, R and Timberlake, L.1982. Stockholm Plus Ten – Promises, Promises? The Decade Since the 1972 UN. Environmental Conference. London, Earthscan.
- Dávila, H. Mc Donald, R. (2009). Propuesta de plan de manejo ambiental para la aplicar a la cuenca alta y media del río Toro, Costa Rica, con base en índices de fragilidad ambiental.
- Decreto N° 31849-MINAE-MOPT-MAG-MEIC. 1998. Reglamento sobre los Procedimientos de Impacto Ambiental (EIA-SETENA)
- ELAP, The nature conservancy, ACOSA-MINAE & UCI. 2005. Proyecto para la elaboración de los planes de manejo para las áreas protegidas de ACOSA.
- ICE. 2005. Estudio de impacto ambiental proyecto hidroeléctrico Toro III.
- IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2008. Guía técnica científica para la ordenación de cuencas hidrográficas en Colombia.
- Ley Orgánica del Ambiente. No. 7554.1995. Asamblea Legislativa de Costa Rica.
- Michael F. Goodchild, Bradley O. Parks, Louis T. Steyaert .1993. Environmental modelling with GIS.
- Morris & Thereviel, 2001. Methods of Environmental Impact Assessment