

## **Evaluación de la vulnerabilidad biofísica de paisajes agroforestales en Puriscal, Costa Rica**

Jairo Mora-Delgado Ph.D<sup>1</sup>., Sergio Velásquez M.Sc<sup>2</sup>., Carlos Ramírez Martínez Ph.D<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Profesor Asociado, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia; <sup>2</sup> Profesor Investigador, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, CATIE, Costa Rica; <sup>3</sup> Profesor Catedrático, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, UCR. Costa Rica.

[jrmora@ut.edu.co](mailto:jrmora@ut.edu.co)

### **Resumen**

Los factores biofísicos no son determinantes en la dinámica de los sistemas de producción, sin embargo estos pueden constituirse en factores restrictivos o dinamizadores de su desarrollo tecnológico. Así, la caracterización de un paisaje *per se* ya es valioso para la comprensión de la dinámica de los agroecosistemas, sin embargo, quedarse solo en esta fase descriptiva sería sub-utilizar la información. Con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mapas en formato “raster” se caracterizó el paisaje cafetalero en el Cantón de Puriscal, Costa Rica. Dicha caracterización sirvió para construir un

índice de vulnerabilidad, a partir de un análisis multicriterio basado en cuatro factores biofísicos: materia orgánica del suelo, espesor del horizonte A, precipitación media anual y pendiente. El estudio evidencia que la mayor parte de las tierras del cantón tienen alta vulnerabilidad frente a acciones antrópicas, por lo cual las prácticas de conservación y prevención constituyen elementos fundamentales en el diseño de sistemas de producción agroforestal.

**Palabras Clave: Vulnerabilidad, análisis multicriterio, paisaje, café**

**Assess the agroecosystem's  
biophysical vulnerability of  
agroforestry landscape in Puriscal,  
Costa Rica**

## **Abstract**

Biophysical factors are not determinants in the dynamics of the production systems. However, these aspects could be either restrictive or promoters of their technological development. Thus, characterization of the landscape *per se* has a high value to understand the dynamic of agroecological systems, but do just that could represent underuse the information. Using the GIS and maps in “raster” format, a landscape of coffee plantations in Puriscal, Costa Rica, was characterized. This characterization was

## **Introducción**

La configuración actual tanto del sistema finca como del agroecosistema café es el resultado de múltiples y sucesivos cambios en el paisaje agrícola, derivados de causas naturales, sociales y económicas que han influenciado las zonas Central y Pacífico Central de Costa Rica. Los factores biofísicos si bien no son determinantes en la

based in the calculation of a vulnerability index using a multi-criteria analysis. Four biophysical variables were used: organic matter of soil, depth of soil, precipitation and slope. This study showed that almost of Puriscal lands have a high vulnerability to be affected by anthropics activities, thus the conservation practices and the prevention actions are very important aspects requested in order to design agroforestry systems.

**Keywords: Vulnerability, multi-criteria analysis, landscape, coffee**

dinámica de los sistemas de producción, si pueden constituirse en factores restrictivos o dinamizadores de su desarrollo tecnológico. Así, la caracterización de un paisaje *per se* ya es valioso para la comprensión de la

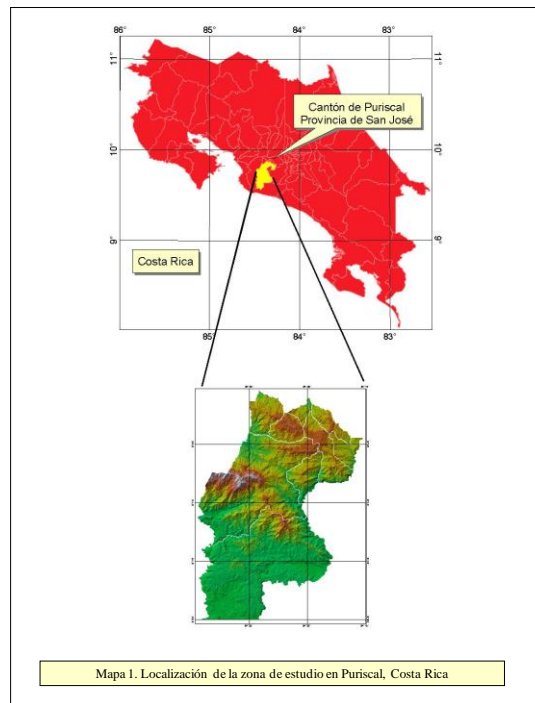
dinámica de los agroecosistemas, sin embargo, quedarse solo en esta fase descriptiva sería sub-utilizar la información. Sí se cuenta con los medios necesarios, lo óptimo es generar

herramientas para diferenciación y clasificación funcional de unidades de paisaje, como base para la identificación de áreas de vulnerabilidad y la previsión de situaciones catastróficas futuras. Para el análisis de los factores biofísicos de una determinada zona, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta importante para evaluar distintos temas y las interacciones de estos. Entre ellos, los estudios de identificación de zonas críticas o vulnerables debido al uso intensivo o condiciones naturales, constituyen un buen ejemplo de la utilidad de estos sistemas de información

(Gonzalez-Süllo 2001). Este estudio, basado en el tercer capítulo de la tesis Doctoral de Mora (2004), tuvo como objetivos describir algunas características biofísicas de la zona de estudio y, luego zonificar la vulnerabilidad de los suelos bajo cultivo de café, mediante el uso de indicadores biofísicos de fácil manejo.

### Metodología

Con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mapas en formato “raster” se caracterizó el paisaje cafetalero en el Cantón de Puriscal, Costa Rica (mapa 1).



Para la cuantificación de áreas de café con sombra y sin sombra se utilizó la información geográfica levantada con base en análisis de fotografía aérea y verificación en el campo del proyecto “Sistema de Información Geográfica en Café” ejecutado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). Dicha caracterización sirvió para construir un índice de vulnerabilidad, a partir de un

análisis multicriterio basado en cuatro factores biofísicos: materia orgánica del suelo, espesor del horizonte A, precipitación y pendiente (Cuadro 1). Estos factores fueron seleccionados bajo el criterio de la facilidad de consecución de información para un tomador de decisiones al nivel local y de la pertinencia técnica. La información básica sobre estos factores fue obtenida del Atlas de Costa Rica del ITCR (2002).

Cuadro 1. Factores, índices relativos y descripción cualitativa para la zonificación de la vulnerabilidad en el cantón de Puriscal, Costa Rica.

Factores	Índice	Descripción
<b>Profundidad del Horizonte A</b>		
0—15	20	Muy Superficial
15—25	40	Superficial
25—35	60	Moderadamente profundo
35—45	80	Profundo
45—100	100	Mas Profundo
<b>Pendiente (%)</b>		
0—15	100	Poca
15—25	80	Moderada
25—35	60	Ligeramente laderosa
35—45	40	Laderosa
45—114	20	Escarpada
<b>Materia Orgánica (%)</b>		
< 2,5	20	Baja
2,5—5,0	40	Media
5,0—7,5	60	Moderadamente alta
7,5—10	80	Alta
> 10	100	Muy alta
<b>Precipitación media (mm)</b>		
2500	100	Húmedo
3000	75	Muy húmedo
3500	50	Per húmedo
4000	25	Hiper húmedo

Se generaron mapas temáticos en formato raster (grid) utilizando el programa ArcView 3.1, el cual permite la superposición de los mismos para generar un mapa construido a partir de la estimación del índice de vulnerabilidad:

$$IV = P + HA + MO + PP \text{ (ec. 1).}$$

Donde: P= pendiente; (%); HA= espesor del horizonte A (cm); MO= materia orgánica (%), y PP= precipitación (mm). Con la información georeferenciada para la misma área, se

construyeron mapas temáticos para cada uno de los factores de la ecuación (1). Estos constituyeron un insumo para la categorización de indicadores cuantitativos en función del grado de deseabilidad o no deseabilidad para usos agrícolas. Cada factor se representa mediante un índice de 1 a 100, correspondiendo el índice más alto (100) a la mejor condición relativa y el menor a la peor condición en cada uno de los factores. La sumatoria de los índices

individuales, genera un índice integral de vulnerabilidad de las áreas cafetaleras que oscila en un rango entre 90 y 400 puntos, en el cual se clasificaron 3 categorías: 90—193 vulnerabilidad Alta; 193—296 Media; 296—400 Baja.

### **Resultados**

Existen 1,458 has de café distribuidas en los 9 distritos del cantón de Puriscal. De estas el 96.17% corresponden a café con sombra que es el sistema predominante, localizándose la mayoría de áreas destinadas a café en los distritos de Barbacoas, Mercedes Sur y Santiago.

### **Estimación de la vulnerabilidad**

La mayor parte de los suelos del cantón tienen contenidos de materia orgánica entre medios (2.5—5.0%) y moderadamente altos (5.0—7.5%), lo cual contribuye a disminuir la vulnerabilidad de estos suelos. Los suelos derivados de cenizas volcánicas poseen un horizonte A profundo especialmente Inceptisoles y Ultisoles. La sectorización establecida para efectos de este estudio denota que la mayor parte del los suelos de Puriscal presentan un horizonte A muy superficial o superficial. La topografía es uno de los

factores más limitantes de las actividades agrícolas en el Cantón de Puriscal teniendo en cuenta que la mayor parte de las tierras presentan pendientes laderasas (35—45%) y escarpadas (>45%). Las pendientes escarpadas principalmente se localizan en la parte sur de Santiago, vertiente norte de la cuenca del río Grande de Candelaria y en los cerros de Turrubares y La Cangreja; localizados en los distritos Mercedes Sur y Chires. Esta condición topográfica aunada con la energía cinética de las altas precipitaciones que oscilan entre promedios de 4,000 y 2,500 mm a las cuales están expuestas las tierras de Puriscal, aumenta el riesgo de pérdidas de suelo y la vulnerabilidad de los mismos cuando están bajo usos que no corresponden a su capacidad.

Como resultado de la superposición de los diferentes índices se obtuvo la distribución de tierras según el grado de vulnerabilidad física (Mapa 2), entendida esta como la susceptibilidad de un sitio o paisaje a sufrir daño ante la interacción de características propias (contenido de materia orgánica, espesor del horizonte A y pendiente) y fuerzas externas (precipitación). En el mapa 2 se puede observar la ubicación de las fincas

en las áreas clasificadas por grado de vulnerabilidad, donde claramente se nota que la mayor parte del territorio se clasifica en categoría de alta vulnerabilidad, seguido por las áreas de vulnerabilidad media. Las pequeñas áreas de vulnerabilidad baja localizadas en el nororiente del cantón (distritos de San Antonio, San Rafael y Santiago) no alcanzan a apreciarse por la escala utilizada (ver recuadro rojo en el mapa). La mayor parte de cultivos de café están en áreas clasificadas de vulnerabilidad media. Predominan las plantaciones de café con sombra sobre tierras con medio (70.2%) y alto grado (23.2%) de vulnerabilidad. El café sin sombra está ubicado en suelos de mediana y alta

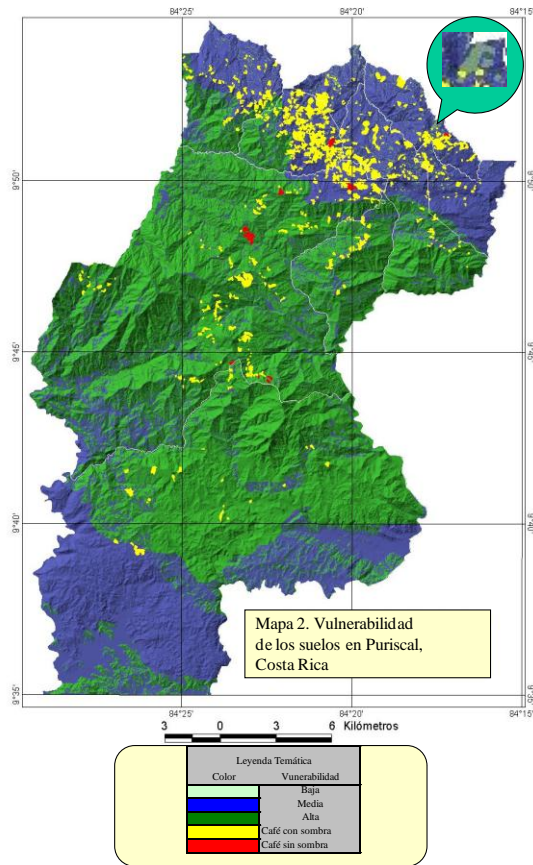
vulnerabilidad, 43.5 y 53.1%, respectivamente (Cuadro 2); estas áreas por el hecho de estar expuestas a la cinética de los aguaceros erosivos, podrían presentar más vulnerabilidad que los cafetales con una sombra adecuadamente manejada. No obstante, con base en los datos de (Vahrson y Cervantes 1991) se puede afirmar que la presencia de sombra *per se* no protege al suelo de los efectos erosivos de la lluvia, es necesario que esta sea adecuadamente manejada teniendo en cuenta la selección de especies y el complemento de una buena cobertura muerta o viva al nivel del mantillo.

Cuadro 2. Vulnerabilidad de las áreas de café con y sin sombra en el cantón de Puriscal, Costa Rica

Grado	Café con sombra		Café sin sombra	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Alta	325,7	23,2	29,8	53,1
Media	984,4	70,2	24,4	43,5
Baja	91,8	6,5	1,9	3,3
Total	1401,9	100,0	56,07	100,0

Los distritos de Barbacoas, San Antonio y Santiago, que son los que presentan la mayor concentración de usos de tierra bajo café, están clasificadas bajo áreas de mediana vulnerabilidad. Sin embargo, si se tiene en cuenta que también estos

son los distritos que tienen una mayor presión poblacional posiblemente la vulnerabilidad de los sistemas cafetaleros de estos distritos sea más alta de lo que se deduce en este análisis que solo incluye variables biofísicas.





## **Conclusiones**

El estudio evidencia que la mayor parte de las tierras del cantón tienen alta vulnerabilidad frente a acciones antrópicas, por lo cual las prácticas de conservación y prevención constituyen elementos fundamentales en el diseño de sistemas de producción agroforestal. Los sistemas de información geográfica constituyen una valiosa herramienta en estudios a escala de paisaje, facilitando el análisis de la influencia del contexto biofísico en la configuración de agroecosistemas y su tecnología asociada. También podrían incluirse factores socioeconómicos en la ecuación de vulnerabilidad para reflejar las interacciones del medio físico con los factores socioeconómicos que eventualmente pueden afectarlo, sin embargo hay que tener cuidado de no caer en modelos complejos que no estén al alcance de los tomadores de decisiones.

## **Agradecimientos**

A los campesinos de Puriscal, Costa Rica, por la amable hospitalidad en sus hogares. A la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, por el apoyo económico durante la fase de campo.

## **Referencias Bibliográficas**

- González-Süllo N. 2001. Áreas Críticas y Vulnerabilidad a Desastres en las Subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 114 p.
- Mora-Delgado, J. 2004. Tecnología, Conocimiento Local y Evaluación de Escenarios en Sistemas de Caficultura Campesina en Puriscal, Costa Rica. Tesis de Ph.D. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 249 p.

ITCR (Instituto Tecnológico de Costa

Rica). 2002. Atlas de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal – Laboratorio de SIG. CD ROM

Vahrson WG; Cervantes C. 1991.

Escorrentía superficial y erosión laminar en Puriscal, Costa Rica. Universidad Nacional-Heredia.