

# METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN MAPA DE VULNERABILIDAD DE SUELOS EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ITAYA

Gilmer José Maco Luján <sup>1</sup>  
Dalton de Morisson Valeriano <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de la Amazonia Peruana - UNAP/IQUITOS  
Caixa Postal 784 – San Juan - IQ, Perú  
gilmerml@hotmail.com

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
dalton@dsr.inpe.br

## Abstract.

By means of techniques of remote sensing image interpretation, geoprocessing, and a methodology based on Ecodinámica concepts, it was carried out the evaluation and diagnosis of the present environmental impacts caused by the use in the area of the basin of the river Itaya in Loreto -Iquitos – Peru. Information on the geological, geomorphological climate and soil type distributions were available from previous work. Topographic data from the Shuttle Radar topographic mission was interpreted in order to stratify the land into slope classes. China-Brazil Earth Resource Satellite data was classified and interpreted to produce a land cover map of the study site. All environmental data were weighted accordingly to a scale based on the Ecodinamica concepts and integrated in order to produce a soil vulnerability map.

**Palavras-chave:** Iquitos-Peru,remote sensing,vulnerability map, geoprocessing.

## 1. Introducción

El presente trabajo se basa en estudios de suelos realizados a nivel de reconocimiento, así como su interpretación práctica en términos de vulnerabilidad de suelos, en el sector de la Cuenca del Río Itaya, sobre una superficie de 266,176 ha.

Para la realización de este trabajo se tuvo en cuenta estudios realizados y publicados a nivel de semidetalle en el área de estudio en el año 2001, por el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana y el Ministerio de Agricultura, se utilizó imágenes del Mosaico de la Nasa de 14,25 m de resolución y el SRTM de 90 m de resolución, que son imágenes gratuitas, nuestra área de trabajo, abarca una superficie aledañas al sector Nor-oeste del estudio anterior, de las cuales fueron tomados los nombres vernaculares de las unidades de suelo del trabajo, para las áreas que no tienen estudios de suelo se consideró hacer una extrapolación de resultados de áreas adyacentes.

El objetivo principal del estudio de suelos es el de suministrar información científica y práctica, que sirva de base para planificar el uso racional del recurso suelo, así como de apoyo para el ordenamiento ambiental, con fines de una Zonificación Ecológica Económica, que permita el desarrollo agropecuario y forestal del Sector de la cuenca del Río Itaya.

Este trabajo se realizó mediante la metodología que fue desmenuada a partir de conceptos de Ecodinámica Tricart (1977), y de la potencialidad para estudios integrados de las imágenes de satélite que permitan una visión sinóptica, repetitiva y holística del paisaje.

## 2. Materiales y Métodos

El área de estudio es la cuenca del Río Itaya que comprende un área de 266,176 ha, se localiza entre el tramo comprendido a la izquierda y derecha del río Itaya cerca de la comunidad Villa Belén, en el Distrito de San Juan Bautista, Provincia de Maynas, de la Región Loreto, en Iquitos - Perú. Entre las coordenadas (longitud O 74 6 48.19, latitud S 04 30 0.92; y longitud O 73 8 39.84 , latitud S 03 44 42.75), cuya altitud está comprendida entre los 98 – 106 msnm, de clima tropical, con temperatura que oscila desde 18°C a 35°C y humedad relativa que llega hasta el 100% en épocas de lluvia y 56% en época de verano en la página web: <[http://es.wikipedia.org/wiki/Departamento\\_de\\_Loreto](http://es.wikipedia.org/wiki/Departamento_de_Loreto)>, y Marengo (1998).

Los materiales utilizados para la realización de este trabajo fueron :

- Mosaico de la NASA ortorrectificado de imágenes ETM+ del Landsat 7 resultante de “shapening” de las bandas 7, 4, 2 y 8. Este procesamiento realiza la transformación RGB-IHS utilizando las bandas 7, 4, y 2 con resolución espacial de 30 metros, y posteriormente la transformación IHS-RGB utilizando la banda 8 la Intensidad (I) para aprovechar la resolución espacial de 15 metros. La página web es: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>>, Crepani y Madeiros (2004).
- MDE, Los datos SRTM, están disponibles para download gratuito en la forma de grades rectangulares de MNT (Modelo Numérico do Terreno) com resolução de 90 metros. Crepani y Medeiros (2004). SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) relatadas en el siguiente formato retiradas del sitio del JPL (*Jet Propulsion Laboratory*, <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>) de la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), Valeriano (2004).
- Base digital de suelos, geología, geomorfología, en escala 1: 100 000, obtenida del proyecto (Zonificación Ecológica Económica para el desarrollo sostenible de la Carretera Iquitos – Nauta, en el convenio IIAP-AECI- CETAR-Loreto, Rodríguez et al. (2001).
- Los software usados en este trabajo fueron: Sistema de Procesamiento de Informaciones Geo-referenciadas – SPRING, desmenuado en el INPE (2001). Así como también el software Global Mapper 7 (2), para la creación de imágenes hipsométricas coloridas, combinadas con imágenes ortorrectificadas del Mosaico de la GeoCover y curvas de nivel con equidistancia variadas, que importadas para el ambiente SPRING, van a convivir con vectores generados por fatiamento de la declividad también obtenidas a partir de grades de DEM refinadas, el software Arc View 3.2, con las extensiones Xtool, Geoprocessing, IST\_Tools.

## **La imagen Básica**

Es la integración de datos del SRTM refinados a 14,25 m, sobre una imagen del Mosaico de la NASA, que nos permita interpretar, las *unidades territoriales básicas* pueden ser divididas en dos categorías: “*las unidades de paisaje natural*” y los “*polígonos de intervención antrópica*”. Según Becker y Egler (1996), citado por Crepani et al. (2001), las unidades territoriales básicas son las células elementales de información y análisis para una Zonificación Ecológica Económica. Como en un ser vivo, cada célula contiene un conjunto de informaciones fundamentales para su manutención y reproducción de la vida se compone de un tejido que desempeña determinadas funciones en su desenvolvimiento. La unidad territorial básica es una entidad geográfica que contiene atributos ambientales que permiten la diferencia entre sus vecinos, al mismo tiempo en que posee vínculos dinámicos que la articulan a una compleja red integrada por otras unidades territoriales, Crepani et al. (2001). Los datos de las imágenes de satélite como “Básica” para una Zonificación Ecológica Económica, trae consigo la posibilidad de utilizar todo un potencial disponible en Sensoramiento Remoto y en los Sistemas de Información Geográfica, a partir de desenvolver una metodología perfectamente aplicable a nuevos productos orbitales que estarán disponibles en el futuro, Crepani et al. (2001). También tenemos en cuenta los parámetros que son el relieve y el patrón espectral, que permiten una buena clasificación Crepani et al. (2001) y Veneziani (1982).

## **Mapa de Suelo**

Teniendo en cuenta las clasificaciones de estudio anterior; que se han actualizado de acuerdo con las normas y criterios establecidos en el Soil Survey Manual (1982). La clasificación taxonómica se hizo de acuerdo con las definiciones y nomenclaturas establecidas en el Soil Taxonomy (1998) y Keys to Soil Taxonomy-Eighth edition (1998), utilizando como unidad taxonómica el Subgrupo de Suelos y paralelamente se ha establecido la correlación con los Grupos de Suelos de la FAO Italia (1990). Food and Agriculture Organization, de las Naciones Unidas.

Con tal fin se utilizó el Reglamento de Clasificación de las Tierras del Perú, del Ministerio de Agricultura (1975).

Tabla 1 - Clasificación natural de los suelos Rodriguez et al. ( 2001).

SOIL TAXONOMY (1998)			FAO (1994)		UNIDADES
ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO	GRUPO	
Entisols	Fluents	Udifluents	Typic Udifluents	Fluvisol eútrico	Amazonas
	Psamments	Quarzipsamments	Typic Quarzipsamments	Regosol	Arena Blanca
Inceptisols	Aquepts	Epiaquepts	Typic Epiaquepts	Gleisol dístico	Aguajal
	Udepts	Dystrudepts	Aquic Dystrudepts	Cambisol dístico	Itaya
			Typic Dystrudepts	Cambisol distrito	Moralillo
				Cambisol distrito	Santa Isabel
				Cambisol distrito	Arenoso Pardo
				Cambisol dístico	Vallecito
				Cambisol distrito	Otorongo
Cambisol distrito	Nauta				

### 3. Resultados

1.- **Mapa de Suelos.**- Mediante la clasificación de las imágenes de satélite (Básica) obtuvimos la clasificación del mapa de Suelos expuesta en la tabla 6.

Tabla 2 - Superficie y porcentaje de las unidades de suelos en la Cuenca del Río Itaya

UNIDADES DE SUELO	HECTAREA	%
Amazonas	11.087	4.17
Aguajal	13.625	5.12
Arena Blanca	9.875	3.71
Arenoso Pardo	1.928	0.72
Itaya	11.418	4.29
Moralillo	16.505	6.20
Nauta	108.309	40.69
Otorongo	64.761	24.33
Santa Isabel	2.042	0.77
Vallecito	24.694	9.28
Poblado Urbano	399	0.15
Río Principal	1.446	0.54
Lagos	87	0.03
Total	266.176	100.00

Los símbolos de mapeamiento tienen como origen el suelo dominante, que figura como primer componente de las asociaciones y ocupa más del 50% del área de la unidad, los demás componentes son considerados subdominante cuando ocupan 20 y 50% de la área de estudio e inclusiones cuanto menos 20%.

Siempre que dentro de una unidad de paisaje natural ocurre una asociación de suelos se debe hacer la ponderación en función de las clases de suelo que ocurran en primer, segundo y tercer lugar; siendo asociadas a las proporciones decorrentes de 60%, 30% y 10%, respectivamente. En cada unidad de mapeamiento consta los nombres de los componentes acompañado de los caracteres eutróficos, distróficos o álicos, a la vez de su textura, vegetación, relieve entre otras.

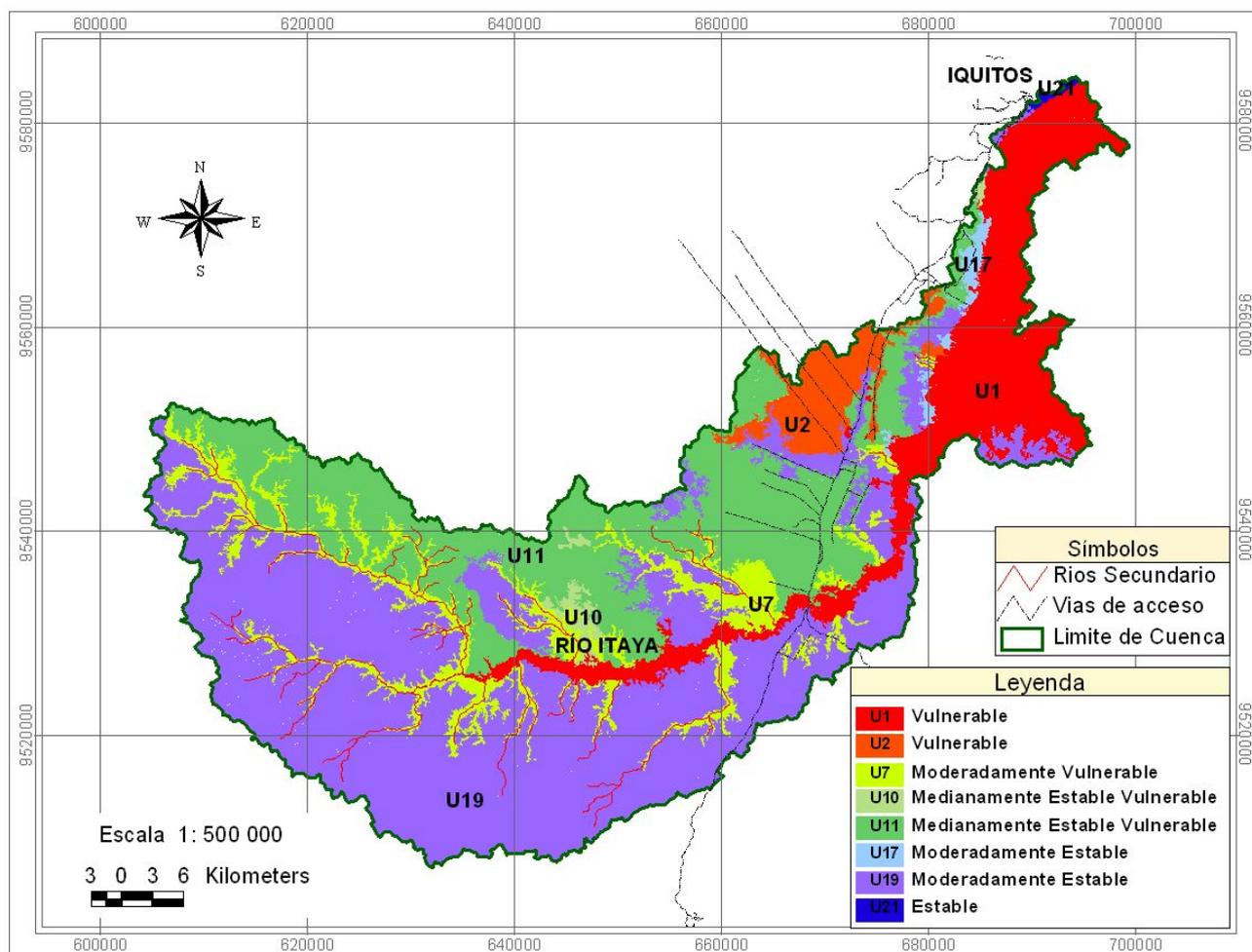
Valores de Vulnerabilidad atribuidos a suelos podemos apreciarlo en la tabla 3 y se esquematiza el resultado de las unidades de vulnerabilidad en el área de estudio en la figura 1.

**Tabla 3-** Valores de Vulnerabilidad atribuidos a suelos Prado (2001).

Unidades de Suelo	Constituyentes	Valor de vulnerabilidad
Amazonas	100 % Neossolo Flúvico Tb	$1,0 \times 3,0 = 3,0$
Aguajal	100% Gleissolo Melánico (Distróficos hístico)	$1,0 \times 3,0 = 3,0$
Arena Blanca	80% Arena cuarzosa 10% Podzólico Háptico 10% Cambisol dístico	$0,8 \times 3,0 + 0,1 \times 2,0 + 0,1 \times 2,5 = 2,9$
Arenoso Pardo	90% Podzólico Háptico 10% Cambisol dístico	$0,9 \times 2,0 + 0,1 \times 2,5 = 2,1$
Itaya	85% Gleissolo Melánico Tb 15% Plintossolo Argilúvico eutrófico típico	$0,85 \times 3,0 + 0,15 \times 3,0 = 3,0$
Moralillo	30% Latossolo Amarelos (Coesos cambicos-relieve ondulado y fuerte ondulado) 70% Latossolo Vermelhos (Alumínicos húmicos-relieve suave ondulado)	$0,3 \times 1,3 + 0,7 \times 1,2 = 1,2$
Nauta	40% Cambisol Húmicos (alumínicos latossólicos) 60% Latossolo Amarelo concrecionado (relieve ondulado y fuertemente ondulado)	$0,4 \times 2,5 + 0,6 \times 1,3 = 1,2$
Otorongo	60% Cambisol Húmicos (alumínicos latossólicos) 40% Latossolo Amarelo concrecionado (relieve ondulado y fuertemente ondulado)	$0,6 \times 2,5 + 0,4 \times 1,3 = 2,0$
Santa Isabel	85% Latossolo Vermelho Amarelo (Alumínico férrico cámbico-relieve suave ondulado) 15% Latossolo Amarelo concrecionário (relieve suave ondulado y ondulado)	$0,85 \times 1,2 + 0,15 \times 1,2 = 1,4$
Vallecito	70% Argisolo amarelos dísticos (fragipánicos plínticos) Tb 30% Plintossolo Argilúvico eutrófico típico	$0,7 \times 2,1 + 0,3 \times 3,0 = 2,4$
Poblado Urbano		1,0
Río Principal		3,0

El resultado de este trabajo en la **Figura 1\_ MAPA DE VULNERABILIDAD DE SUELOS**, cuya leyenda indica los valores de la escala de vulnerabilidad de las unidades territoriales básica, de U1y U2= indica zonas vulnerables; U7= indica zonas moderadamente vulnerables; U10 y U11= indica zonas medianamente estables vulnerables; U17 y U19= indica zonas moderadamente estables y la U21 = indica zona estable.

**Figura 1\_ MAPA DE VULNERABILIDAD DE SUELOS**



#### **4. Conclusiones**

Através de la metodología de integración de imágenes del mosaico de la NASA y del SRTM, para el área de estudio, se logró mostrar las diferentes áreas de unidades de suelo.

Los métodos de procesamiento de imágenes fueron indispensables en la delimitación y distinción de regiones importantes para la interpretación de imágenes de satélite usadas tales como la imagen "Básica". Las técnicas de contraste aplicadas fueron eficientes para la reinterpretación de mapas temáticos.

Mediante los pesos de valores de vulnerabilidad obtenidos y el proceso aritmético de estos valores de vulnerabilidad, nos dió como resultado la cobertura de vulnerabilidad de pérdida de suelo para el área e estudio.

Estos resultados pueden servir para el proceso de escalas de vulnerabilidad de las unidades territoriales básicas y de apoyo para el proceso de Zonificación Ecológica Económica, para una respectiva planificación y manejo sostenible de las unidades biológicas en la cuenca del río Itaya.

## Referencias

- Bier André , L.; Meneses,P. O uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para o zoneamento Forestas Nacionais **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2245-2250.
- Crepani, E.; Madeiros, J. **Imagens Fotográficas Derivadas de MNT do Projeto SRTM para Fotointerpretação na Geologia, Geomorfologia e Pedologia**. São José dos Campos: INPE, ago. 2004. 40 p.
- Crepani, E.; Madeiros, J.; Hernandez P.; Florenzano T.; Duarte V.; Barbosa C. **Sensoriamento Remoto E Geoprocessamento Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico E ao Ordenamiento Territorial**. São José dos Campos. INPE, 2001, 101p.
- De Morisson, M. **Modelo Digital De Elevação Com Dados SRTM Disponíveis Para A América Do Sul**. São José dos Campos. INPE, 2004, 72 p.
- Do Prado, H. **Solos do Brasil**, Gênese, Morfologia, Classificação y Levantamineto, 2ªEdición, PIRACICABA-SP.2001, 220p.
- FAO, (ITALIA). **Mapa Mundial de Suelos**. Versión en Español preparada por: Carballas,T, Macias,F; Diaz-Fieros, F.; Carballa, M.; Fernández- Urrutia, J. Santiago de Compostela (españa) **Sociedad Español de Ciencia del Suelo** 1990. 142 p.
- Marengo, A. J. **Climatología de la Zona de Iquitos**. Capítulo 3. Em: Geología y Desarrollo Amazónico: estudio integrado em la zona de Iquitos, Peru, Kalliola, R.; Paitan, S.; eds. *Annales Universitatis Turkuensis Ser A II*, 1998. 114:35-57p.
- Ministerio de Agricultura. **Reglamento de Clasificación de Tierras**. Decreto Supremo N° 0062/75-AG. Lima. Perú. 1975.
- Rodreiguez, F.; Maco, J.; Limachi, L.; Reátegui F.; Castro, W.; Escobedo, R.; Ramírez, J.; García, A.; Wahl, E.; Ramírez, J.; Maco G.; Cuadros, L.; Faching, L.; Bendayán, L.; Sanjurjo, J.; Del Aguila, T.; Araújo, C. **Zonificación Ecológica Económica del área de influencia de la carretera Iquitos – Nauta, Auspiciado por AECL, IIAP y ARAUCA**, Iquitos –Perú, 2 001. 92 p.
- Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro. SUPREN. 1977, 97p.
- United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. **Keys to Soil Taxonomy** , Eighth Edition. Soil Survey Staff. 1998.
- Veneziani, P.; Eustáquio, C. **Metodologia de Interpretação de Dados de Sensoramento Remoto E Aplicaciones em Geologia**. São José dos Campos. INPE, 1982, 54 p.