

Resumen.

En el presente tema de investigación se evaluó y estudio el Índice de Contaminación Potencial Difusa - ICPD, que se presenta en la cuenca Rocha - Maylanco, referente a las clases de calidad de uso de suelo.

Se estimaron 5 clases de calidad del uso de suelo de las áreas afectadas en la cuenca Rocha - Maylanco, donde se aplicó la herramienta del Índice de Contaminación Potencial Difusa - ICPD, en base a un análisis multicriterio propuesto por Munafó *et al.* (2005), el cual aplica los indicadores de uso de suelo, escorrentía y distancia hidráulica, por lo que previo a la aplicación del mencionado modelo, se dispuso de información secundaria y generada, los cuales fueron elaborados con datos de precipitación, modelos digitales de terreno, e imágenes satelitales, donde estos fueron procesados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), con el programa ArcGIS 10.3.

Palabras clave: Índice de Contaminación Potencial Difusa - ICPD; Clases de Calidad; Contaminación; Uso de Suelo; Escorrentía; Distancia hidráulica.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día existen diversos ríos contaminados de forma antropogénica en el entorno global, de los cuales Munafó *et al.* (2005) presentó el Índice de Contaminación Potencial Difusa - ICPD basada en un Sistema de Información Geográfica - SIG, donde esta herramienta proporciona clases de calidad de uso de suelo en base a un análisis multicriterio, con los indicadores o criterios de uso de suelo, escorrentía y distancia hidráulica.

El río Rocha es receptor de varios efluentes domésticos, industriales y hospitalarios, convirtiéndose en una alcantarilla abierta en época de estiaje (Romero *et al.* 2000). Las principales industrias que vierten sus aguas residuales al río Rocha son curtiembres, alimenticias, metal mecánicas y faenadoras de pollos (Romero *et al.* 2000).

MATERIALES Y MÉTODOS.

Los objetivos del Índice de Contaminación Potencial Difusa superan los problemas del manejo de ecosistemas acuáticos y planificación ambiental (Karr, 1999; Lorenz *et al.* 2001). Esto solo requiere datos disponibles, que son fáciles de calcular y usar. La característica más importante de la herramienta es que es capaz de sintetizar mapas altamente comunicativos, de experiencias y habilidades de muchos científicos involucrados en diferentes aspectos de protección del medio ambiente y ríos (Munafó *et al.* 2005).

Los indicadores que aplica el Índice de Contaminación Potencial Difusa son los siguientes:

- Indicador de uso de suelo (*land cover indicator*, LCI).
- Indicador de escorrentía (*run-off indicator*, ROI).
- Indicador de distancia (*distance indicator*, DI).

Antes de aplicar el LCI, ROI y DI para calcular el Índice de Contaminación Potencial Difusa, deben ser normalizados entre sus valores máximos y mínimos, para que el orden de los indicadores estén entre 0 y 1. El índice de Contaminación Potencial Difusa para cada celda de la cuenca del río, es calculada como una combinación de los tres indicadores (LCI, ROI, DI) siguiendo la fórmula.

$$ICPD = 5 \cdot LCI + 3 \cdot DI + 2 \cdot ROI \quad (1)$$

Profesionales con antecedentes ingenieriles en medio ambiente, eligen los pesos usados mostrados en la tabla 1.1. Resultados parciales de entrevistas a grupos de biólogos, agrónomos, planificadores urbanos y científicos forestales, están de acuerdo con los coeficientes usados por Munafó *et al.* (2005). En la tabla 1.1 se muestra los coeficientes, consultando valores promedios y relevantes a su desviación estándar.

Tabla 1.1. Coeficientes del criterio experto (Munafó *et al.* 2005).

	Indicador de uso de suelo (<i>land cover indicator</i> , LCI)	Indicador de escorrentía (<i>run-off indicator</i> , ROI)	Indicador de distancia (<i>distance indicator</i> , DI).
Indicador coeficiente	5	2	3
Consulta media	4.97	2.69	2.34
Desviación estándar de la consulta	0.75	0.59	0.71

RESULTADOS.

El mapa de uso de suelo de la gestión 2017 se muestra en la figura 1.1, donde este se elaboró en base a una clasificación de imágenes Landsat 8 de 30x30 metros de resolución, en el cual las imágenes satelitales fueron extraídas del *United States Geological Survey* - USGS, donde estas imágenes fueron captadas en el mes de mayo del año 2017. El método de clasificación supervisada fue el que se aplicó para determinar las clases de la leyenda que se muestra en la figura 1.1, todo esto fue elaborado con la extensión *classification* del ArcGIS 10.3.

La distancia hidráulica se determinó con un Modelo Digital de Terreno - MDT, con una resolución de grilla de 30 metros. Este MDT se extrajo de la base de datos del *United States Geological Survey* - USGS.

Los coeficientes de escorrentía se determinaron en base a la asignación de valores a la cobertura del suelo o el mapa de uso de suelo de la gestión 2017, donde los valores que se aplicaron fueron extraídos del grupo hidrológico del suelo (A,B,C,D) propuesto por Mc Cuen, (1998).

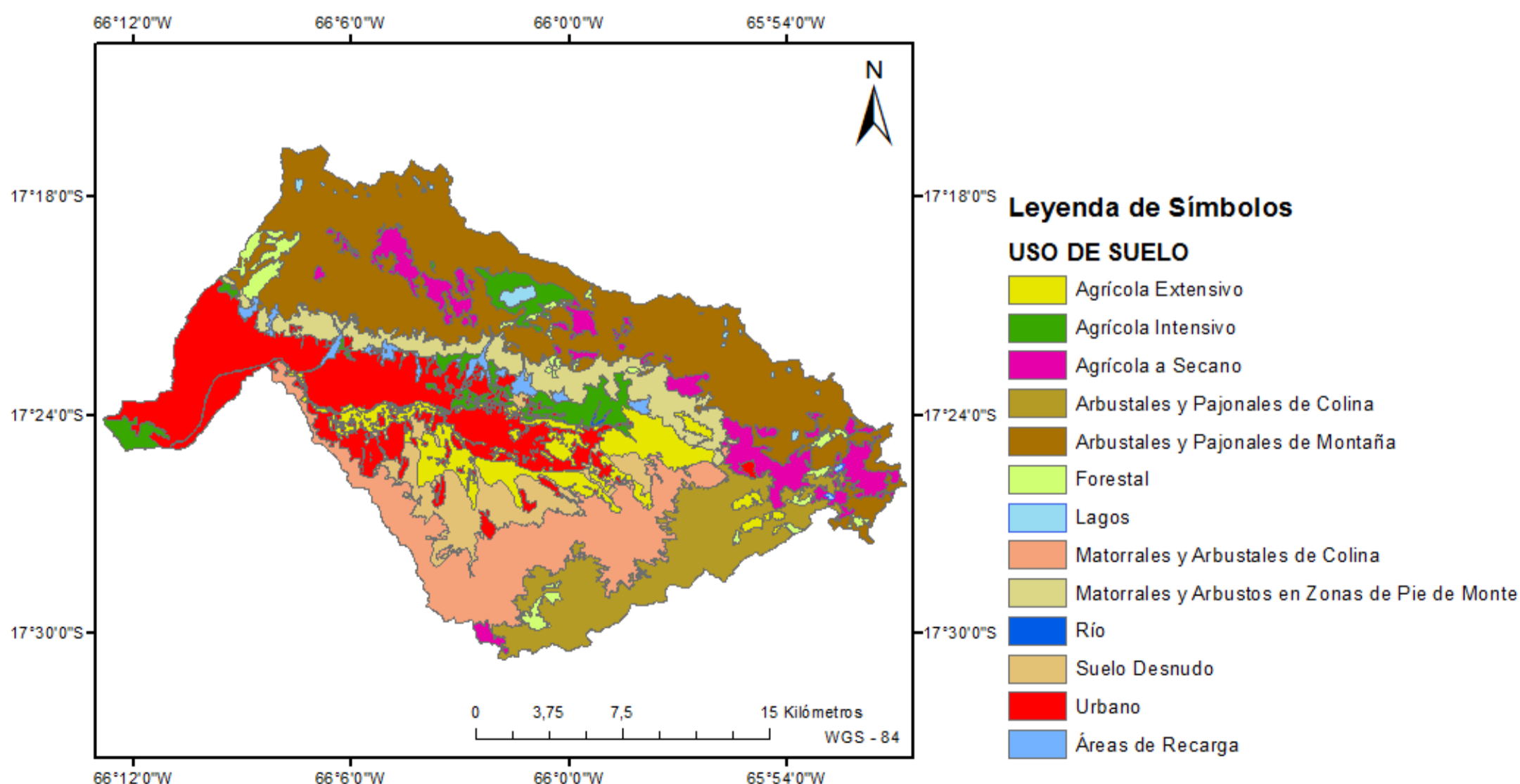


Figura 1.1. Mapa de uso de suelo de la gestión 2017.

La figura 1.2 muestra el resultado del Índice de Contaminación Potencial Difusa - ICPD, la cual se determinó con la ecuación (1).

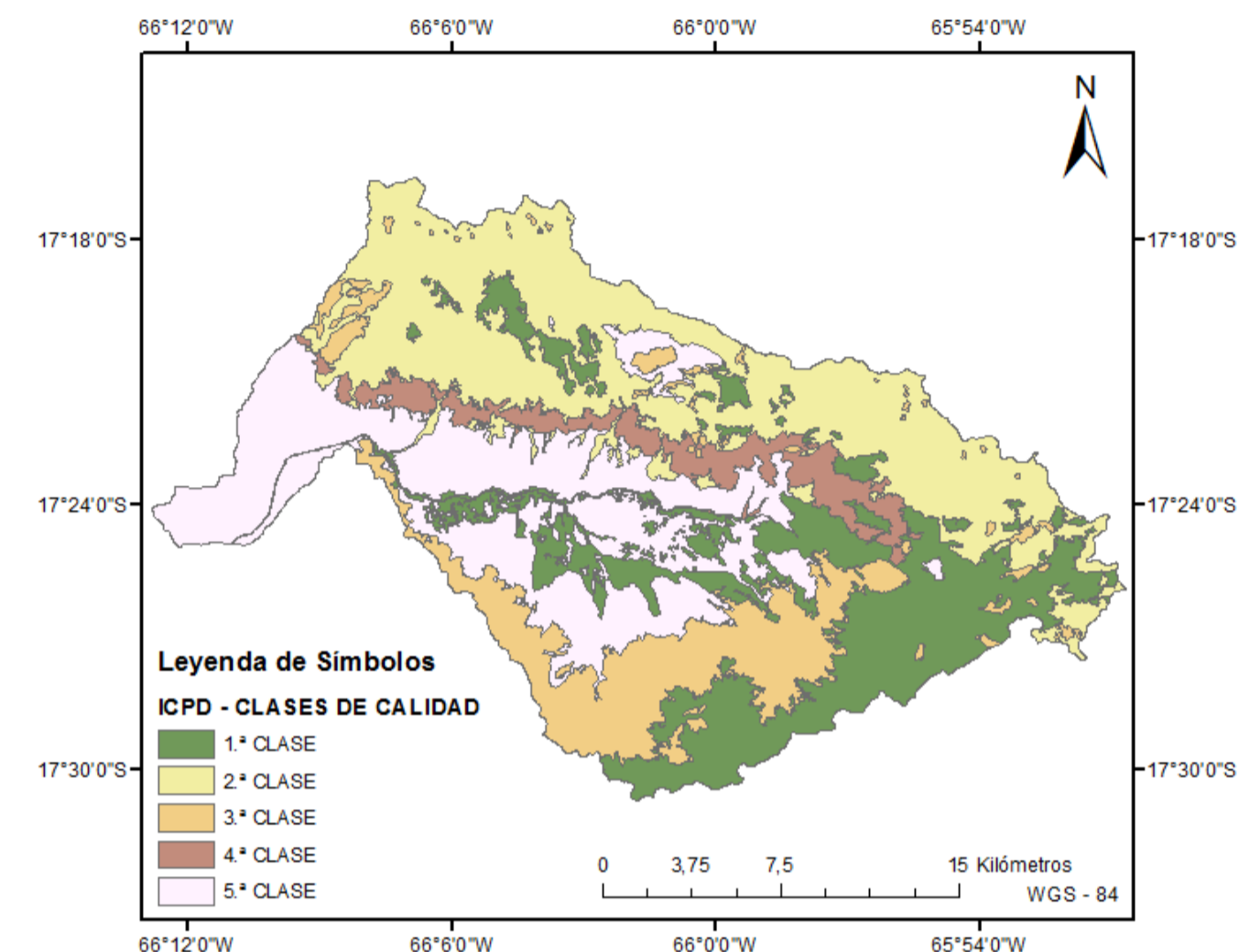


Figura 1.2. ICPD, calidad de 5 clases en la cuenca Rocha - Maylanco

Tabla 1.2. Usos de Suelo de la Gestión 2017, Para Cada Clase de Calidad, 5 clases.

CLASE	USO DE SUELO
1.ª CLASE	- Agrícola a Secano. - Arbustales y Pajonales de Colina. - Agrícola Extensivo.
2.ª CLASE	- Arbustales y Pajonales de Montaña. - Áreas de Recarga.
3.ª CLASE	- Lagos. - Forestal. - Matorrales y Arbustales de Colina.
4.ª CLASE	- Matorrales y Arbustos en Zonas de Pie de Monte. - Río.
5.ª CLASE	- Urbano. - Suelo desnudo. - Agrícola Intensivo.

La tabla 1.2 muestra las clases de calidad respecto al uso de suelo de la gestión 2017, el cual es el resultado presentado en la figura 1.2, donde la clase que genera mayor contaminación respecto al uso de suelo es la 5ª clase, debido a que en esta clase se encuentran los usos de urbano, suelo desnudo, y agrícola intensivo. El uso urbano es contaminante debido a la generación de residuos líquidos, sólidos, atmosférica (Parque automotor, chimeneas del sector industrial), y auditiva. Los suelos desnudos (lotes baldíos, terrenos urbanizados) son fuentes de contaminación por el descuido y deterioro de los mismos, y finalmente la agricultura intensiva por el uso de pesticidas y abonos que degradan los suelos y los recursos hídricos superficiales como subterráneos.

CONCLUSIÓN.

Las clases de calidad de uso de suelo determinados para la gestión 2017, son permitidos en la toma de decisiones para las medidas de preservación y mitigación, dado que este es un mapa actual en el que se observó la degradación de sectores de los cuerpos de agua presentes en el área de estudio, por lo que las autoridades podrán adoptar medidas de protección y remediación a través de planes de manejo de sus residuos líquidos y sólidos.

REFERENCIAS.

- Almaw A., Kifle A., Gebreyohannes T., Hailu G. (2015). "Spatial analysis of Groundwater potential using remote sensing and GIS-based multi-criteria evaluation in Raya Valley, northern Ethiopia". *Hydrogeology Journal* (2015), 23: 195-206.
- Karr J.R. (1999). "Defining and Measuring River Health". *Freshwater Biol.* 41, 221-234.
- Lorenz C.M., Gilbert A.J., Cofino W.P., (2001). "Indicators for Transboundary River Management". *Environ. Manage.* 28 (1), 115-129.
- McCuen R. (1998). "Hydrologic Analysis and Design". Department of Civil Engineering. University of Maryland. 2a Edition.
- Munafó, M., Cecchi, G., Baiocco, F. & Mancini, L. (2005). "River pollution from non-point sources: a new simplified method of assessment". *Journal of Environmental Management.* 77(2), pp. 93-98.
- Romero A. M., Vandecasteele C., y Cooreman H. (2000). "Metales (Cr, Pb, y Zn) en Sedimentos y Quironómidos del Río Rocha". *Revista Boliviana. Ecol.* 8:37-47.