



Modelo de gestión de cuencas para la prevención y control de la contaminación por 2,4-D y MCPA.

Domínguez, V.M.¹. Ing. Civil egresada de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), MSc. Ing. Sanitaria, y Dr. en Cs. Ambiental por la Universidad de Concepción, Chile. Se desempeña como catedrática en la Facultad de Ingeniería Civil de la UTP. Laboró en el Ministerio de Salud como Directora de Saneamiento Ambiental, y tiene 11 años como consultora e investigadora en Cs. ambientales.

Franco, N.A.¹

Caballero, M.I.¹

Rodríguez, X.¹

Santamaría, E.

Olmos, J.¹

¹Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Víctor Levi Sasso- Decanato de Ing. Civil. Panama-Panamá. Panamá. Panamá. Apartado postal: 0816-04293. Panamá. Teléfono: (507)224-6283. Tele/fax(507)2246766. Informar a viccelda.dominguez@utp.ac.pa

PALABRAS CLAVES. Modelo de Elevación Digital (DEM), 2,4-Diclorofenoxiacético(2,4-D) y el 2-Methyl-4-ácido clorofenoxiacético (MCPA).

RESUMEN. El objetivo principal de este proyecto es investigar dos aspectos ambientales que intervienen en la cuenca del río David en la provincia de Chiriquí, República de Panamá (contaminación puntual y no puntual). A partir de estos hallazgos, es posible aplicar un modelo de gestión ambiental, para mejorar y conservar la calidad del agua para sus distintos usos. Se ha escogido como modelo la región de Chiriquí, donde está ubicada la cuenca del río David, ya que la misma concentra un 46,84 % de la producción anual de arroz, siendo la más importante del país. Aproximadamente una superficie de 872.73 km² en esta región panameña están sometidos al uso de agroquímicos, incluyendo plaguicidas y fertilizantes (Estadística y Censo, 2001).

A través del estudio de los distintos contaminantes que se aplican en la cuenca se han determinado entre los más tóxicos por su persistencia en el medio ambiente, el 2,4-Diclorofenoxiacético(2,4-D) y el 2-Methyl-4-ácido clorofenoxiacético (MCPA).

Por otra parte se han incorporado al Sistema de Información Geográfico (SIG) los distintos usos y distribución edáfica de suelos, hidrografía y curvas de nivel de la cuenca del río David. Se ha obtenido a través del uso del SIG, el tamaño de la cuenca (320,97 km²) una altitud máxima sobre el nivel del mar de 2740 m.s.n.m. y una mínima de 10 m.s.n.m. a la altura de la confluencia con el río Chiriquí, longitud de la red hidrológica principal (río David) es de 126,97 km². Además utilizando el Modelo Soil and Water Assessment Tool se ha elaborado el Modelo de Elevación Digital (DEM). A partir de la integración de los distintos componentes: estadística hidrológica, SIG, calidad del agua y modelación de la hidrología y contaminación difusa, se ha obtenido un Modelo de Estudio de Gestión de cuencas para plaguicidas orgánicos como el 2,4-D y el MCPA. Para que el mismo sea replicado en cuencas con características semejantes.

INTRODUCCIÓN. El cultivo de arroz es la actividad agrícola que demanda más superficie de terreno con respecto al total de actividades agrícolas de la República de Panamá (44,22%); específicamente la región de Chiriquí concentra un 46,84 % de la producción anual, siendo la más importante del país.

Específicamente las explotaciones agropecuarias en la cuenca del río David (Provincia de Chiriquí, Panamá), entre las cuales se encuentra el arroz, emplean unos 872.73 km² de terreno para estas actividades. En el año 2000 se registró un consumo promedio de: 3 671 kilos y 13 628 litros de insecticidas; 3 583 kilos y 54 286 litros de herbicidas, 4 709 kilos y 18 244 litros de fungicidas. De forma similar 588,2 km², son sometidos a la aplicación de fertilizantes.



La situación actual y futura, implican una creciente presión sobre el río David, que sirve de fuente de abastecimiento de agua potable para una población de aproximadamente 124 280 habitantes el 81,1 % del total de la población de la cuenca (Estadística y Censo, 2000).

El objetivo principal de este proyecto es investigar dos aspectos ambientales que intervienen en la cuenca del río David (contaminación puntual y no puntual). A partir de estos hallazgos, es posible aplicar un modelo de gestión ambiental, para mejorar y conservar la calidad del agua para sus distintos usos.

El objetivo específico de esta investigación es el de elaborar un modelo de gestión ambiental de 2,4-D y MCPA en cuencas hidrográficas.

METODOLOGÍA. Diagnóstico de la condición ambiental de la cuenca, en base a los factores de contaminación puntual (c.p.) y no puntual (c.n.p.), y factores socioeconómicos de la cuenca (Maidment, 1993).

Determinación de la calidad ambiental del río David, como unidad continua de la cuenca, base para la creación de un mapa de calidad de agua del río David y propuesta de uso de suelo para la hoya (Parra *et al.* 2004).

Elaboración de un modelo para la gestión y planificación ambiental de la cuenca, que considere la variabilidad espacial y temporal (Legates and McCabe, 1999).

RESULTADOS. Se ha realizado el diagnóstico de contaminación no puntual de la cuenca en base al modelo de elevación digital elaborado en este estudio (Figura 1) y determinación del comportamiento de los plaguicidas, 2,4-Diclorofenoxiacético(2,4-D) y el 2-Methyl-4-ácido clorofenoxiacético (MCPA), utilizados en el cultivo de arroz, a través del análisis de las propiedades físico-químicas de los contaminantes (Tabla 1) y de las características ambientales de la cuenca hidrográfica del río David, en el sector de confluencia con el río Chiriquí, donde existe la mayor influencia de plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz.

Tabla 1. Características físico-químicas relevantes de plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz.

Plaguicida	PM (g/mol)	log kow	Solubilidad en agua (mg/l)	Punto de ebullición (°C)	pKa	Presión de vapor mmHg	Fuente
2,4-D	221,04	2,81	677	160	2,73	$8,25 \cdot 10^{-8}$	(NLM, 2005)
2-Methyl-4-ácido clorofenoxiacético (MCPA)	200,60	3,25	630	200 °F	3,13	$5,90 \cdot 10^{-6}$	(NLM, 2005)

National Library of Medicine (NLM, 2005). <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search>

Tabla 2. Vida media del 2,4-D y MCPA en suelo y agua.

Plaguicida	Vida media en suelo	Vida media en agua	Efectos tóxicos	Fuente
2,4-D (C ₈ H ₆ Cl ₂ O ₃)	<1 día	10 a >50 d	Grupo 2-B posiblemente carcinogénico	WHO (1987) ¹ WHO (1984) ²
2-Methyl-4-ácido clorofenoxiacético (C ₉ H ₉ ClO ₃)	<7 a 41 d	19-20 d por fotólisis. Hasta 96 semanas	Mutagénico y genotóxico	WHO (1996) ³ , (2003) ⁴

¹Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (Multivolume work)., p. S7 60 (1987)].

²World Health Organization (WHO) Environmental Health Criteria 29: 2,4 Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) (1984)

³World Health Organization (1996). Guidelines for drinking-water quality, 2nd

ed. Vol.2. Health criteria and other supporting information. Geneva.
⁴World Health Organization (2003). MCPA in Drinking-water. Geneva.

La WHO (1984) ha determinado que el 2,4-D tiene vida corta en suelo (Tabla 2) menor de 1 día en su forma aniónica; sin embargo, cuando se encuentra en medios neutros puede aumentar su persistencia; por lo tanto es necesario conocer las propiedades físico-químicas del suelo donde es aplicado, de modo de así determinar el período de permanencia en el mismo.

En cuanto al MCPA su $\log_{K_{ow}}$ es mayor que el 2,4-D (Tabla 1) lo cual indica que su persistencia en suelo y sedimento es mayor como lo corroboran los informes de la WHO (1996) y (2003), por lo tanto los efectos sobre el ambiente y la salud humana en comparación con el 2,4-D son más perseverantes y tóxicos, como lo indica la Tabla 2, su vida media en suelo puede ser menor a 7 días y llegar hasta 41 días y en el agua puede llegar hasta 96 semanas, lo que puede traer efectos mutagénicos sobre la biota y a los humanos e incluso efectos genotóxicos. Es de esta manera que la WHO (1996) y WHO (2003), han determinado un límite máximo permisible en las guías para consumo humano de 0,1 mg/l para el 2,4-D y 0,002 mg/l para el MCPA.

El modelo de elevación digital (DEM-Figura) permite determinar un área de cuenca de 320,97 km², una altitud máxima sobre el nivel del mar de 2740 m.s.n.m. y una mínima de 10 m.s.n.m. a la altura de la confluencia con el río Chiriquí. La longitud de la red hidrológica principal (río David) es de 66 km, lo que difiere con estudios previos (Batista, 2003), presumiblemente la causa de las diferencias entre Batista (2003) y este estudio, es la metodología de determinación, utilizando el Sistema de Información Geográfica, unido al modelo Soil and Water Assesment Tool (Nitsch et al., 2005), el modelo alcanza una precisión mayor al 98%.

Por otra parte el DEM ha permitido confirmar que la cuenca de estudio está abastecida por tres subcuencas: río David, río Majagua y río Soles.

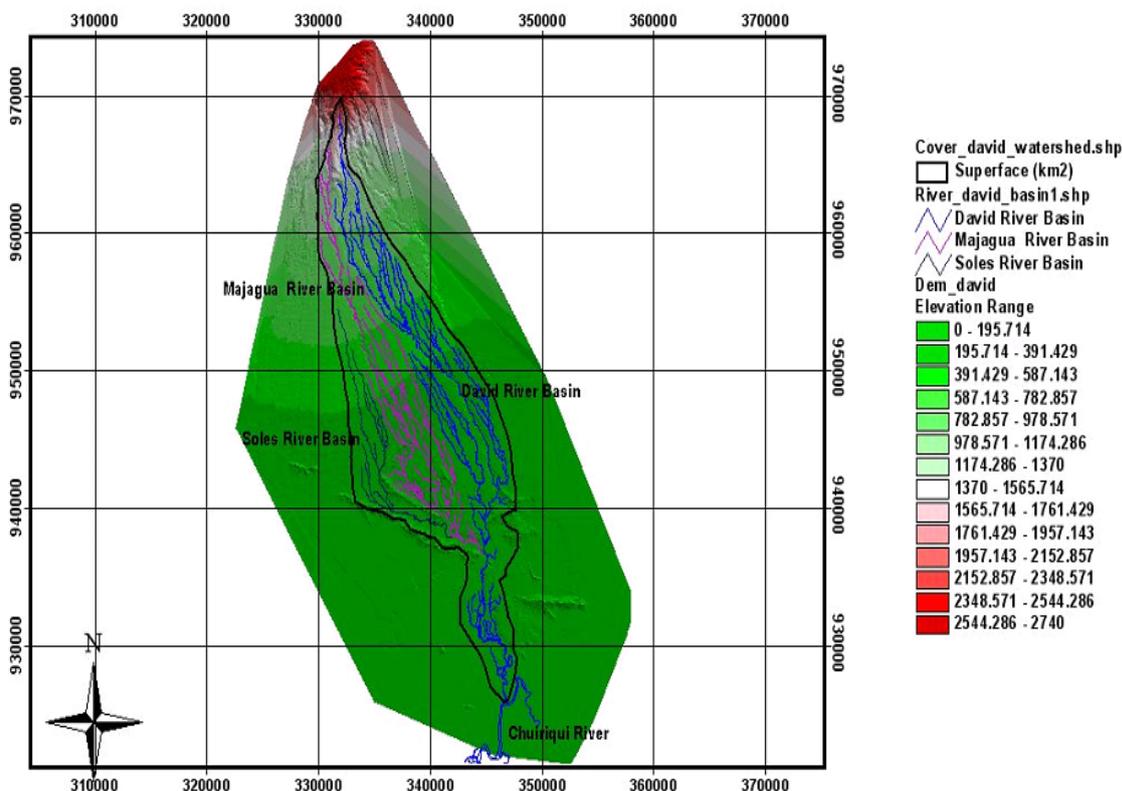


Figura 1. Delimitación de la cuenca del río David utilizando modelo de elevación digital (DEM).



XXX CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
26 al 30 de noviembre de 2006, Punta del Este - Uruguay

ASOCIACIÓN INTERAMERICANA
DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL - AIDIS



A través de los resultados obtenidos del modelo de elevación digital y análisis físico-químico del comportamiento de estos compuestos orgánicos, se confirma la hipótesis de la gestión de cuencas a través del siguiente modelo conceptual de estudio de la contaminación puntual y difusa (Figura 2).



ASOCIACIÓN INTERAMERICANA
DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL - AIDIS

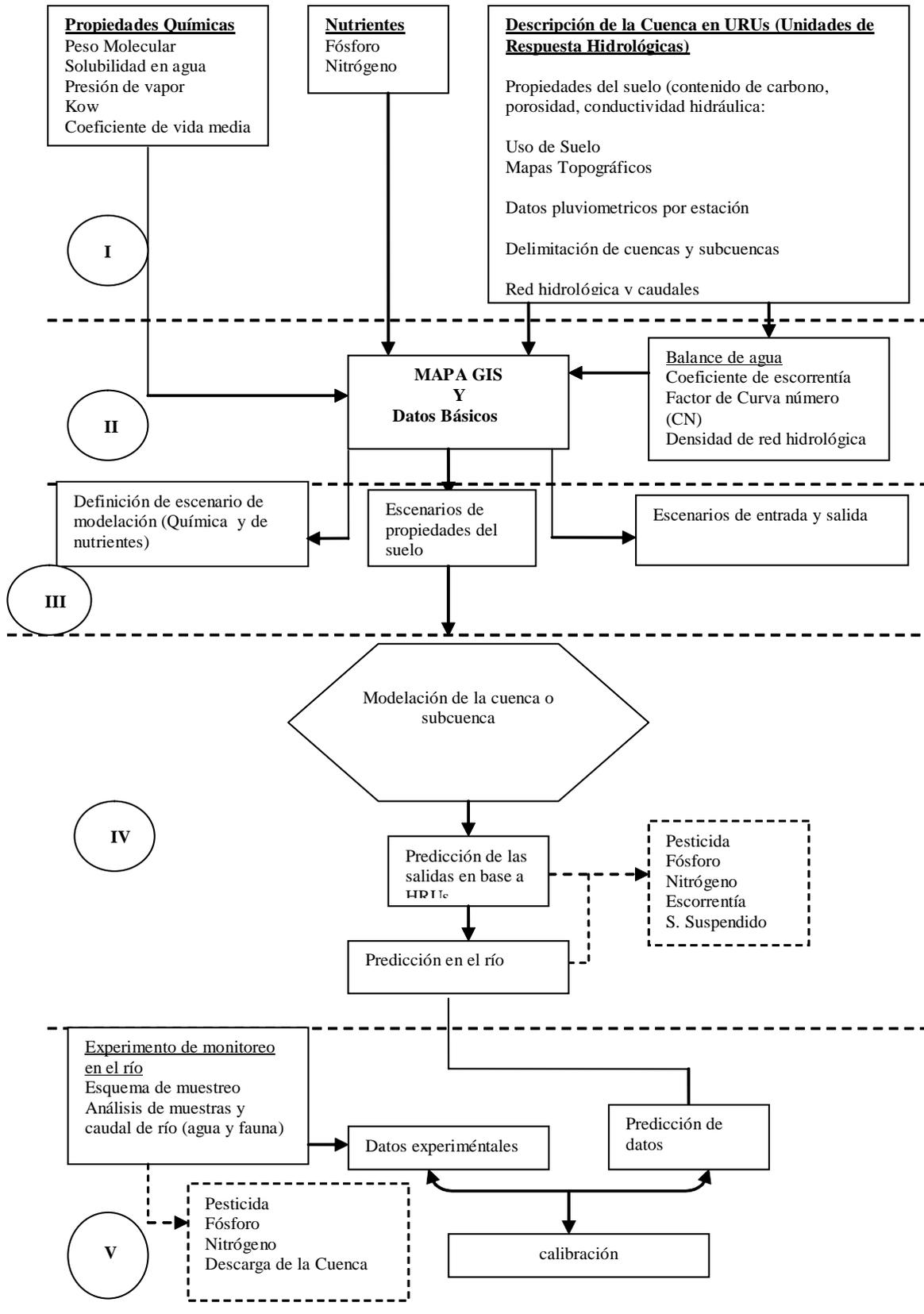


Figura 2. Modelo conceptual



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. Se ha determinado el diagnóstico de contaminación no puntual por 2,4-D y MCPA en el área de la cuenca ubicada en la confluencia de los ríos David y Chiriquí, en base a este análisis se ha elaborado una herramienta de planificación ambiental que permite la gestión (identificación, planificación, evaluación y mejoramiento continuo) de las mejores prácticas de manejo (BMPs) de los citados plaguicidas, dentro de la cuenca del río David. Se recomienda replicar el modelo de gestión de plaguicidas del río David, en otras cuencas hidrográficas con características semejantes, tomando en cuenta el análisis de las propiedades físico químicas de los plaguicidas a prevenir y controlar, y las condiciones ambientales del área de la cuenca.

AGRADECIMIENTOS A LA SECRETARÍA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ (SENACYT) POR EL FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO ID147 DEL AÑO 2005.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Batista, R. (2003). Estudios Básicos para el diagnóstico de la subcuenca hidrográfica del río David. Tesis-Universidad Nacional de Panamá. Panamá.
2. Estadística y Censo (2000). Censo de Población y Vivienda. Contraloría General de la República de Panamá. Panamá..
3. Estadística y Censo (2001). Sexto Censo Nacional Agropecuario. Contraloría General de la República de Panamá. Panamá..
4. Legates, D.R, and McCabe, G.J,. 1999. Evaluating the use of "goodness-of-fit" measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Research*, Vol. 35, (1): 233-241.
5. Maidment, D. (1993). *Handbook of hydrology*. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, U.S.A.
6. Neitsch, S.L., Arnold, J.R., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R. (2005). *Soil and Water Assessment Tool User's Manual*. Published 2005 by Texas Water Resources Institute, College Station. Texas, U.S.A.
7. Parra, O., Valdovinos, C., Figueroa, R., Acuña, A. (2004). Programa de Monitoreo de Calidad de agua del río Biobío. Campaña No 30. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. Concepción, Chile.