

Título del Proyecto: **Implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas utilizando como Base de Respuesta, la unidad ecosistémica del río David.**

Responsable global del Proyecto ID147: **Dra. Viccelda Domínguez Lecky**

A. Expertos del Equipo Investigador:

Dr. © Noriel Franco: Encargado de contaminación no puntual.

Dr. Viccelda Domínguez: Encargada de contaminación puntual.

B. Estudiantes en trabajo de investigación y práctica profesional:

Ingeniera Forestal Masiel Caballero, Práctica profesional de Técnico en Ingeniería con Especialización en Saneamiento y Medio Ambiente (Universidad Tecnológica de Panamá): Sistemas de Información Geográfica y Mapa de calidad del agua (contaminación puntual).

Estudiante Lic. en Ingeniería Ambiental Xavier Rodríguez (último año), Trabajo de Tesis (Universidad Tecnológica de Panamá): Modelación de la contaminación difusa en la Cuenca del Río David, utilizando el Modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (contaminación no puntual).

Licenciado en Biología Eduardo Santa María. Estudiante de la Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología de la Maestría en Gestión Ambiental. Se encuentra realizando la investigación: "Identificación de bioindicadores como diagnóstico de la respuesta a la contaminación ambiental en el río David" (respuesta de algunos componentes de la biocenosis del ecosistema).

Licenciado en Química, Jorge Olmos. Estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental de la **Universidad Tecnológica de Panamá** se encuentra realizando su Tesina en "Determinación analítica por cromatografía de gases de, compuestos orgánicos clorados de media a larga vida media en suelos volcánicos y agua, tomando como caso de estudio en la cuenca del río David" (estudio de caso a ser aplicado en los cursos de química ambiental de la maestría en Ingeniería Ambiental).

Nº de Contrato: **P-06-0322-A**

Etapas (1): Diagnóstico de la condición ambiental de la cuenca (Fuente no puntual).

1. Introducción (indicar la etapa de la investigación y su relación con el proyecto global).

En el presente informe de avance se reportan los resultados de la Primera Etapa y los avances de la segunda y tercera, siguiendo el esquema del Modelo Conceptual de la investigación (Figura 1).

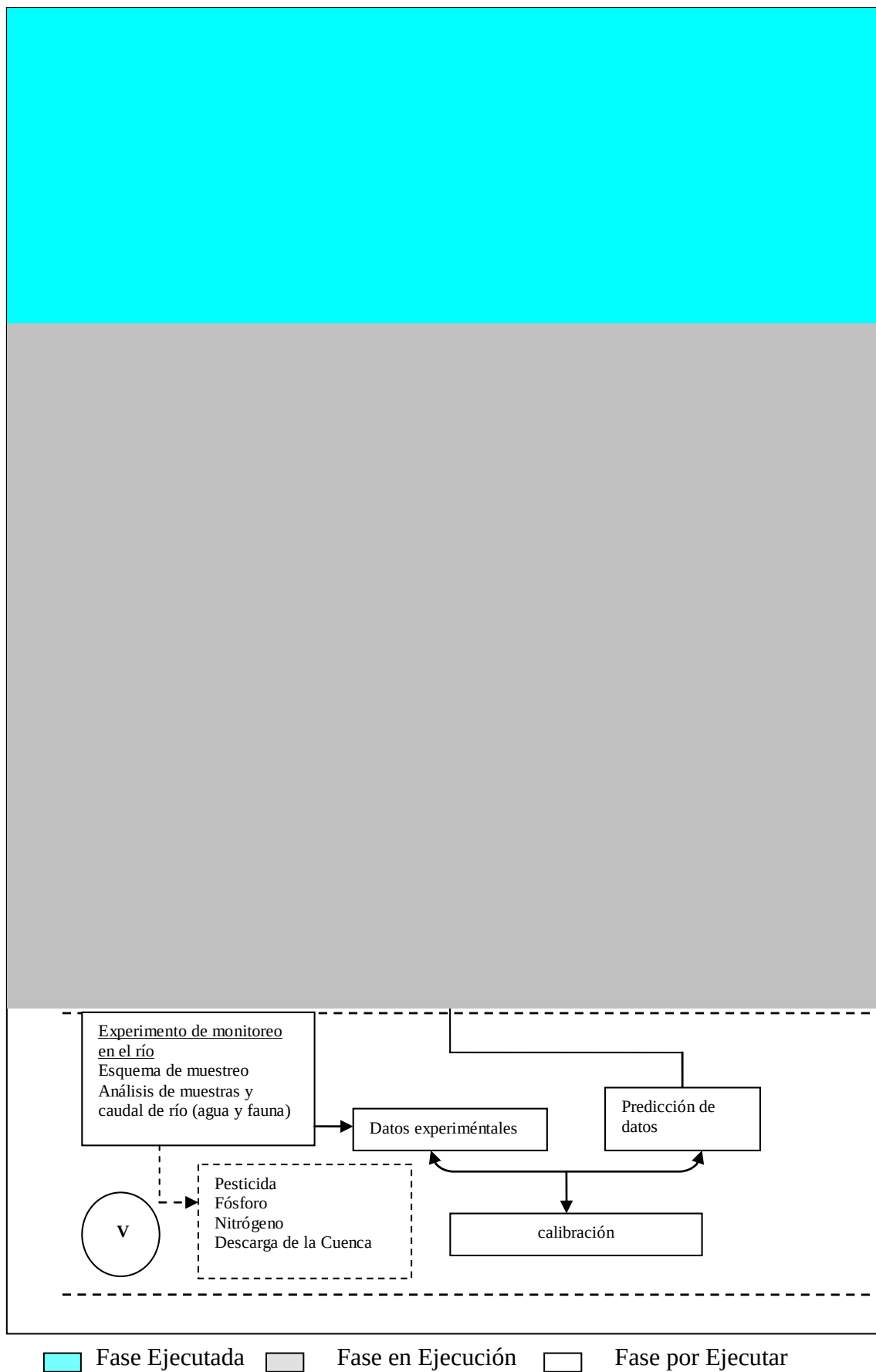


Figura 1. Modelo conceptual de la investigación.

2. Objetivos de la investigación en la Etapa que se reporta.

2.1. Objetivos específicos de la investigación ejecutados.

2.1.1. Levantado un mapa de uso de suelo para la cuenca del río David e incorporado al SIG (Sistema de Información Geográfica).

2.1.2. Determinadas las actividades que generan contaminación de tipo no puntual (actividades agrícola y ganadera de pastoreo).

2.1.3. Creada una base de datos espaciales para la cuenca del río David.

2.2. Objetivos específicos de la investigación en ejecución.

2.2.1. Determinación de las actividades que generan contaminación de tipo puntual (consumo de agua del río David por poblaciones y actividades, descargas de aguas residuales de tipo doméstico, industrial y comercial)

2.2.2. Establecimiento e inicio de un programa de monitoreo puntual de calidad de agua a lo largo de río David. También se está incluyendo el concepto de bioindicadores de la calidad del agua.

3. Actividades realizadas

3.1. Etapa 1. Diagnóstico de la contaminación no puntual.

3.1.1. Descripción de la cuenca: En base a las fotos aéreas escaneadas del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” 1:20000 del año 2000 y utilizando la metodología descrita en el punto 4, en la cuenca del río David se determinaron los usos de suelo relacionados con las actividades agropecuarias, que son las principales precursoras de la contaminación no puntual (Maidment, 1993; Novotny and Olem, 1994) y se incluyó el tipo de bosque (Ley No. 1, 1994) (Anexo 1). Los mapas trasladados a Sistema de Información Geográfica (SIG) por este proyecto fueron actualizados en terreno utilizando equipo topográfico los días 18 y 19 de agosto de 2006.

Por otra parte a través de los mapas del Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” 1:50000 del año 2003, los mismos fueron digitalizados tanto las curvas de nivel, como la hidrografía de la cuenca del río David y se ejecutó el modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT 2005), obteniendo el Modelo de Elevación Digital (DEM), el cual se presenta en el Anexo 2.

Por otra parte se digitalizaron los mapas geológicos obtenidos en el Departamento de Recursos Minerales de Ministerio de Comercio e Industrias (MICI, 1996); obteniendo 4 tipos de suelo, según su origen geológico (Anexo 3).

3.1.2. Plaguicidas utilizados en la cuenca del río David.

Los pesticidas principalmente utilizados en la cuenca alta y baja del río David, en base a las actividades agrícolas identificadas en la cuenca del mismo, de acuerdo a las encuestas realizadas (junio y julio de 2005; julio y agosto de 2006) a distintas instituciones como: Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Ministerio de Salud, Universidad Nacional de Chiriquí (UNACHI), Facultad de Ciencias Agropecuarias en Chiriquí de la Universidad Nacional de Panamá, Autoridad Nacional del Ambiente en Chiriquí, son los siguientes (Tabla1):

Tabla 1. Principales plaguicidas utilizados en la cuenca del río David (2006).

Ubicación en la cuenca	Cultivo	Nombre comercial
Alta	Cítricos y caña	Glifosato
		Cicloram
		2,4-D
		Cobretane
	Tomate	Glifosato
		Bellante 40 wp
		Acrobat
	Potreros	2,4-D y combo (mezcla)
Baja	Arroz	Propanil
		Prowl
		Machete
		Counter
		Curacrón
		Triasofox
		Endosulfan
		Casumin

De acuerdo a la justificación del presente proyecto los plaguicidas a estudiar, son los utilizados en el cultivo de arroz, para lo cual en la Tabla 2 se presenta el ingrediente activo y la dosis aplicada durante el período de julio a octubre de 2006 (MIDA Chiriquí, 2006).

Tabla 2. Dosis de plaguicidas aplicados por hectárea en el cultivo de arroz (MIDA Chiriquí, 2006).

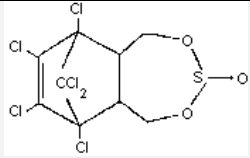
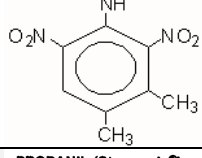
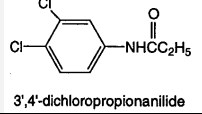
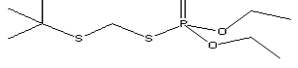
Nombre comercial del plaguicida	Ingrediente activo	Dosis aplicada
Propanil		6,6 L/ha
Prowl	Pendimentalina	2 L/ha
Machete	Butaclor	3 L/ha
Counter	T erbuxox	20 kg/ha
Curacrón	Profenofox	1,5 L/ha (2 aplicaciones)
Rienda	Triasofox	1,5 L/ha (2 aplicaciones)
Endosulfán ¹	Hexacloro	1,5 L/ha (2 aplicaciones)
Casumin	Casugamicina	2 L/ha

¹ Prohibido su uso mediante Decreto del MIDA (2006) por su alta toxicidad.

Durante los meses de junio y julio del año 2005, también se investigó cuales eran los plaguicidas utilizados en la temporada de julio a octubre de 2005. De todos estos plaguicidas se estudiaron sus características físico-químicas (i.e.: Peso molecular, logaritmo del coeficiente octanol agua, solubilidad en agua, presión de vapor y toxicidad). Obteniendo el análisis de la vida media de los más persistentes en agua y suelo (Domínguez *et al.* 2005). Con estos plaguicidas se planteaban ejecutar los distintos escenarios en la cuenca, calibrando y validando el modelo Soil and Water Assessment Tool. Lo cual no fue posible debido a la suspensión de la investigación en el período de septiembre de 2005 a junio de 2006, lo cual ya fue justificado en informes pasados.

Tabla 3. Características físico químicas de plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz.

Ingrediente Activo	Nombres Comerciales	Fórmula	Peso Molecular (g/mol)	Solubilidad en Agua (mg/l)	Punto de Ebullición (°C)	Presión de vapor
--------------------	---------------------	---------	------------------------	----------------------------	--------------------------	------------------

6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,4,3-benzodioxathiepin 3-oxide	Endosulfán		406.96	0.32 mg/L a 22 C	70 a 100°C	1200mPa a 80°C
N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine	Prowl	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3$ 	281.31	0.3 mg/L a 20 C	54-58 C	4 mPa @ 25 C
3',4'-dichloropropionanilide	Propanil	PROPANIL (Stampede®)  3',4'-dichloropropionanilide	218.08	225 mg/L @ 25 C	81 a 91°C	12 mPa @ 60 C
S-tert-butylthiomethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	Counter		288.43	5 mg/L	-29.2 C	34.6 mPa @ 25 C

¹ Monographs 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).

¹ World Health Organization (WHO) Environmental Health Criteria 29: 2,4 Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) (1984).

¹ National Library of Medicine (NLM, 2005). <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search>.

De los plaguicidas presentados en la Tabla 3, se pueden observar 2 compuestos orgánicos como el Endosulfán y el Prowl. Los compuestos orgánicos clorados o halogenados en general, exhiben la propiedad de tener una vida media larga en suelo o en agua, dependiendo de sus propiedades físico-químicas, y tener efectos negativos acumulativos sobre la biota y la salud de las personas (Correa *et al.* 2003). Se espera, presumiblemente, que el endosulfán por su baja solubilidad en agua, a través del sedimento y escorrentía llegue a los cuerpos receptores, como en este caso el río David, afectando la calidad del sedimento y la biota acuática. Por su alta toxicidad, el MIDA ha expedido un Decreto Ley en el año 2006 que prohíbe el uso del Endosulfán; sin embargo, todavía es utilizado. También por su baja solubilidad se espera que el Prowl pueda tener una vida media larga en el suelo hasta de 90 días (SWAT, 2005). En cuanto al propanil su solubilidad es alta, por lo cual afecta directamente la calidad del agua.

El counter no es objeto de análisis en este estudio ya que por su estructura representa un compuesto fosforado, por lo cual su vida media en el ambiente es muy corta.

3.2. Etapa 2. Diagnóstico de la contaminación puntual (fase actual).

A partir de la información suministrada por el Ministerio de Salud, durante el mes de julio de 2005, las poblaciones rurales o semiurbanas que utilizan el agua para consumo humano en la cuenca del río David, se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Comunidades que extraen agua de la cuenca del río David para consumo humano.

Comunidad	Corregimiento	Distrito	Población (hab)
Rovira	Rovira	Dolega	450
Palma Real	Rovira	Dolega	300
El Banco de Rovira	Rovira	Dolega	460
Santa Elena	Rovira	Dolega	150
Dolega (IDAAN)	Dolega	Dolega	6000

Potrerillos Abajo	Potrerillos Abajo	Dolega	600
Potrerillos Arriba	Potrerillos Arriba	Dolega	550
Loma Alta de Rovira	Rovira	Dolega	200
Bejuco	Algarrobos	Dolega	300
Guacá Arriba	Guacá	David	500
Guacá Abajo	Guacá	David	450
Nance Bonito	Guacá	David	180
Bella Vista	San Carlos	David	150
Pueblo Nuevo	San Carlos	David	90
San Carlitos	San Carlos	David	1200
Conventillo	Tinajas	Dolega	260

De la Tabla 4 se desprende que la población que se abastece de acueductos rurales de la cuenca del río David, son cinco mil ochocientos cuarenta habitantes (5 840 habitantes) en el año 2005, según la información suministrada por el Ministerio de Salud, añadiendo la de Dolega representan once mil ochocientos cuarenta (11 840 habitantes), sin incluir la ciudad de David (124 280 habitantes). A partir de la información de consumo de agua, descargas de aguas domésticas, industriales y comerciales, y las característica hidrodinámicas y ecológicas del río (zonas de rítrón, transición y potamón). Se plantea el inicio de un sistema de monitoreo de calidad del agua utilizando además de parámetros físico-químicos del Índice de Calidad del Agua (ICA) bioindicadores (Parra et al., 2006), que sirva como modelo de gestión de Cuencas.

Por lo cual según la metodología expuesta en el siguiente punto 4 y Angulo (1993), se obtuvo del Sistema Información Geográfico, el sistema real de la cuenca del río David, con sus afluentes, tramo principal, y poblados (Figura 2).

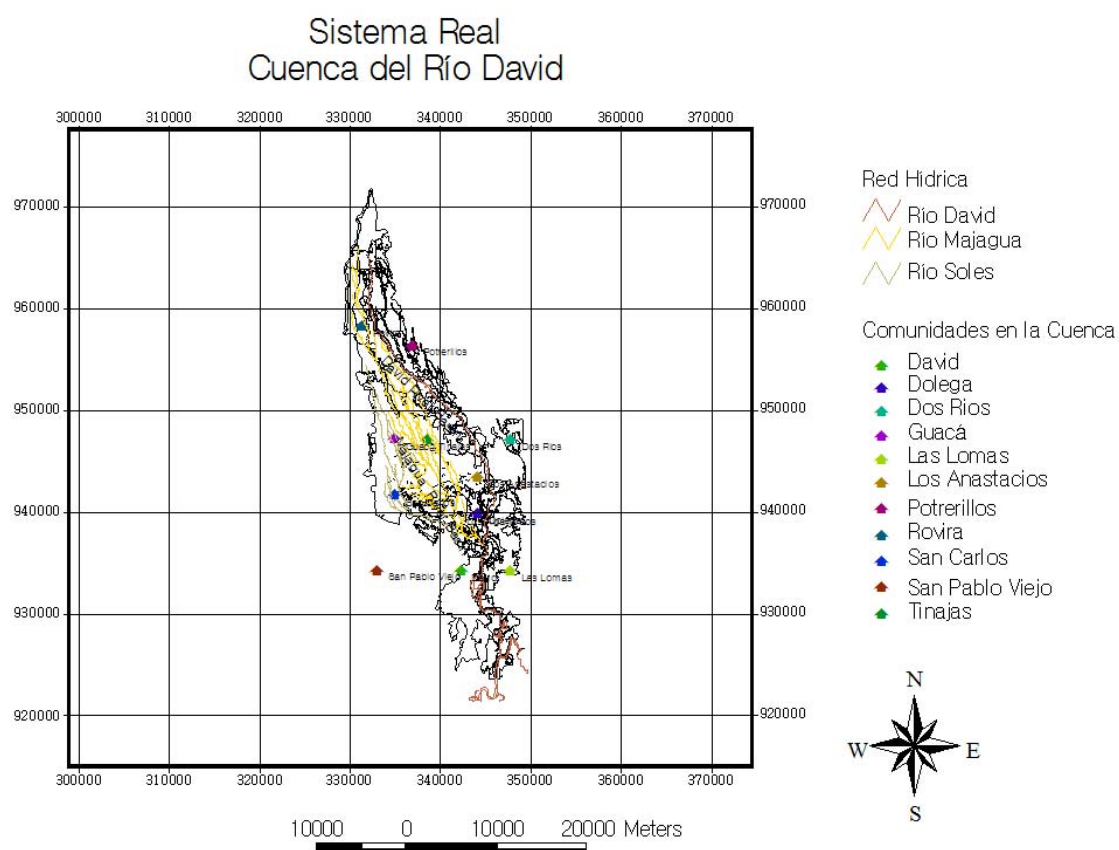


Figura 2. Sistema real de la Cuenca del Río David

A partir del sistema real a través de la metodología de Angulo (1993), López y Domínguez (2000) y Domínguez (2004), se traspa el sistema a idealizado (Chapra, 1997; Schnoor, 1996), con lo cual el posible establecer claramente los puntos de muestreo representativos a lo largo del eje principal de la cuenca del río David (Figura 3).

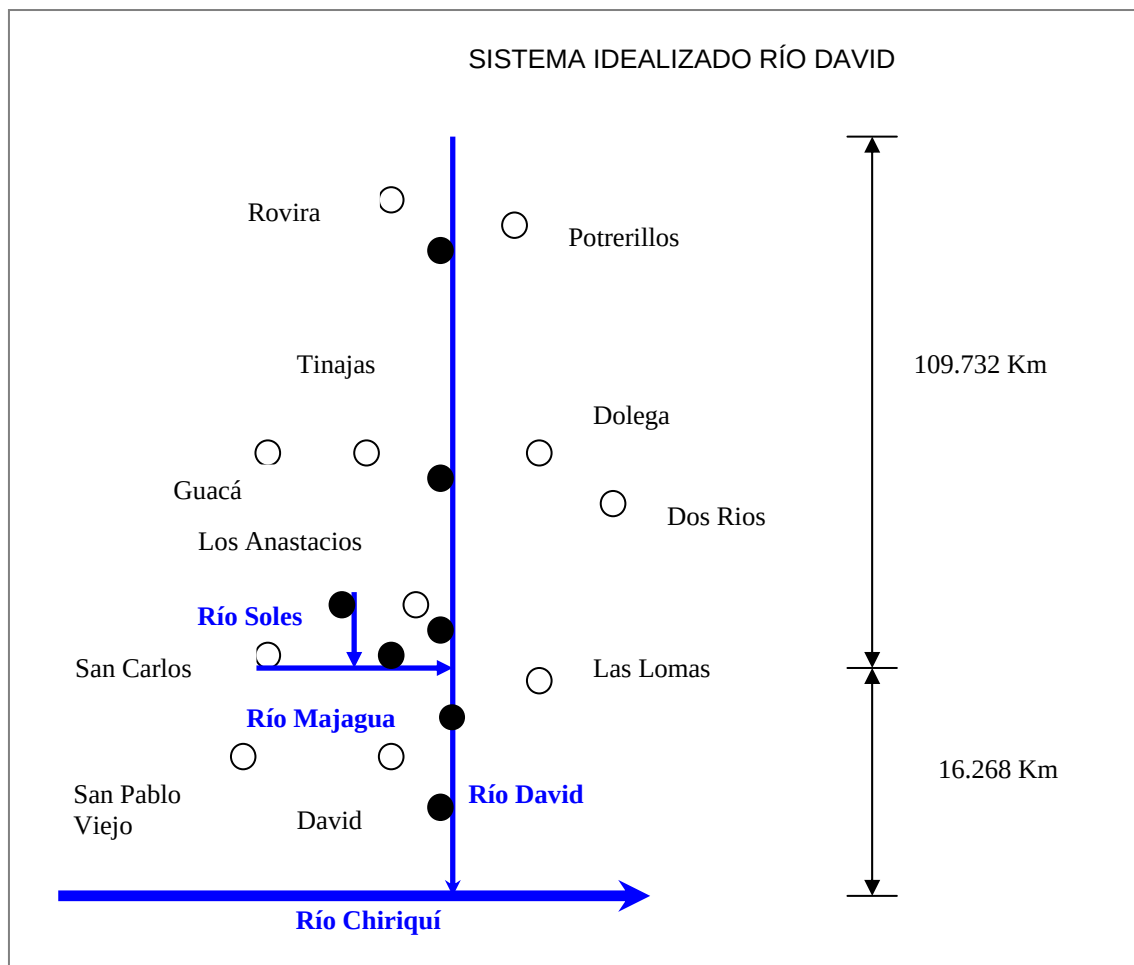


Figura 3. Sistema idealizado de la Cuenca del Río David. ● Puntos de muestreo sugeridos.

En la Figura 3 se presentan los siete (7) puntos de muestreo sugeridos, 5 en el eje principal y 2 en los afluentes (uno en el río Majagua y otro en el Río Soles). El próximo paso a seguir es georeferenciarlos *in situ* y pasarlos a sistema real en coordenada UTM, de acuerdo a las características mencionadas anteriormente, de usos del agua y de condiciones hidrodinámicas y ecológicas del mismo (Parra, et al. 2006).

4. Método aplicado (indicar en que fase se encuentran de acuerdo el protocolo de investigación).

4.1. La Etapa 1. FASE CULMINADA.

Levantamiento de información necesaria para elaborar el diagnóstico de la condición ambiental de la cuenca se sustenta en la siguiente metodología.

Para el diagnóstico de la cuenca se elaboraron mapas o cartas en ARC/View para el uso de suelo (ESRI, 1997), tipo de suelo (según su origen geológico) y sus propietarios. Elaborados los mapas se creó una base de datos con los atributos de cada una. Los datos para levantar estas cartas se tomaron de la Dirección de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industria, Contraloría General de La República e Instituto Tomy Guardia del Ministerio de Obras Públicas, la página web: <http://earth.google.com>. La información obtenida de estas fuentes se actualizaron con visitas a terreno realizadas durante julio del 2005 y las últimas

visitas el 18 y 19 de agosto de 2006, con el objetivo de ajustar la información (atributos) de cada Unidad de Respuesta Hidrológica (UHRs). De forma similar se levantaron las cartas de redes hidrológicas (Quebradas, ríos, lagos) y topográficas (curvas de nivel 50 m), esto permitió crear un Modelo de Elevación Digital (DEM) que a su vez al combinarlo con las cartas de uso de suelo, tipos de suelo, admitirá crear los escenarios tanto espaciales como temporales para la modelación de contaminación no puntual en la cuenca.

Todos los parámetros determinados en esta primera fase son necesarios como "input" entradas al modelo SWAT (Neitsch *et al.*, 2005), en la cuarta y quinta etapa del proyecto.

4.2. Etapa II: FASE ACTUAL.

Diagnóstico de la condición ambiental de la cuenca (Fuente Puntual).

(a) Selección de los tramos de estudios: Para conocer la condición ambiental de la cuenca primeramente se estudiarán las actividades: industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias de la cuenca para determinar la afectación en cuanto a cantidad y calidad de agua en el río David; posteriormente se analizarán las características geomorfológicas del río David, y utilizando fotografías aéreas 1:20000 y cartas topográficas e hidrográficas de 1:50000, se seccionará el río en 7 tramos de acuerdo a sus características geomorfológicas, ríos tributarios y las actividades de la cuenca. Posteriormente se realizarán 1 visita de reconocimiento en terreno (el 29 de septiembre de 2006). De acuerdo al recorrido de la sección longitudinal del río David, se confirmarán o modificarán las secciones escogidas para estudio de calidad y biomonitoreo. En la práctica, definir tramos de características idénticas resultaría muy complejo. De este modo, se realizará diferenciación entre un tramo y otro cuando las características como ancho, profundidad, velocidad de la corriente y caudal sean relativamente homogéneas. Las secciones de muestreo se elegirán coincidiendo con los cambios de sección de un tramo a otro y cuidando de mantener una distancia apreciable aguas abajo de las descargas, de modo que el muestreo no sea afectado por la influencia de las plumas de los efluentes (Angulo, 1993). Estas secciones serán georeferenciadas.

5. Producto de la Etapa .

En la Figura 4 se muestra la distribución del uso de suelo de acuerdo a la información procesada de dichos mapas, la cual fue actualizada en terreno utilizando equipo topográfico los días 18 y 19 de agosto de 2006.

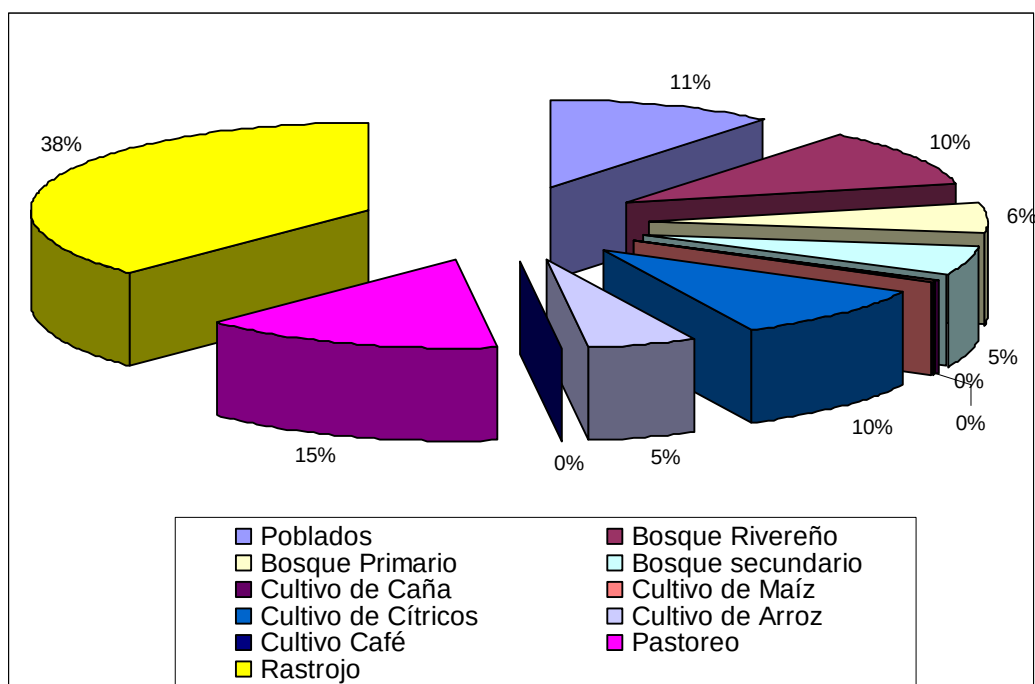


Figura 4. Distribución de los usos de suelo en la Cuenca del río David.

De la Figura 4 se puede concluir que el uso actual de suelo se distribuyen de la siguiente manera el 37,4 % (117,86 km²) rastrojo, 14,5 % (45,75 km²) pastoreo, 10,9 % (34,43 km²) poblados, 10,4 % (32,93 km²) bosque riveraño, 10,2 % (32,19 km²) cultivo de cítricos, 5,5 % (17,5 km²) bosque primario, 5,2 % (16,4 km²) bosque secundario, 5 % cultivo de arroz y aproximadamente 1 % en otros cultivos (café, caña y maíz).

Por otra parte en cuanto al origen geológico del suelo, en la Figura 5 se muestra su distribución.

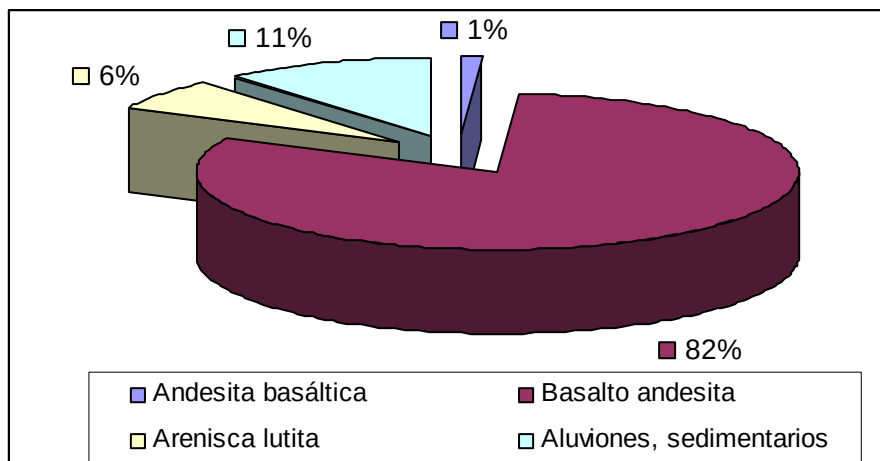


Figura 5. Distribución de origen geológico en la cuenca del río David.

Como se puede observar en el gráfico el 82 % del origen geológico de la cuenca es del tipo Basalto andesita con tobas, aglomerados y lavas. El 11 % es del tipo aluvión sedimentario con areniscas, corales, manglares, conglomerados; el 6 % es de tipo Arenisca lutita, tobas, conglomerados; 1 % Andesita basáltica.

De acuerdo a estudios previos en cuanto al poder de adsorción de compuestos orgánicos clorados por sedimentos de tipo volcánico compuesto principalmente por basalto; Domínguez *et al.* (2004) y Domínguez en el año (2004) encontraron que los sedimentos formados en su mayor parte por sedimento de origen volcánico (tamaño de partícula-arena), tienen una ligera capacidad de adsorción de compuestos orgánicos (para el Pentaclorofenol $K_d = 0,852 \text{ L/kg}$ $r^2 = 0,964$ y 2,4,6-Triclorofeno $K_d = 0,663 \text{ L/kg}$ $r^2 = 0,982$) y que ésta reacción no es reversible. De todas formas de acuerdo a los resultados previos obtenidos en este informe no es posible llegar, a ninguna presunción, sin realizar análisis de suelos en la cuenca del río David, en el cual los parámetros a medir para determinar el nivel de adsorción de pesticidas, según Christodoulatos and Mohiuddin (1996) y Domínguez *et al.* (2004) son pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), porcentaje de carbono orgánico y granulometría.

6. Observaciones y conclusiones (si aplican) .

6.1. Los resultados del proyecto han sido presentados en:

Primer Congreso Nacional de Ingeniería, Ciencias y Tecnología (octubre 2005): perspectiva innovadoras para el desarrollo del país, el póster: Implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas utilizando como Base de Respuesta, la unidad ecosistémica del río David.

Los avances de la investigación, también se mostraron como póster y conferencia magistral en el curso taller regional sobre Gestión Integrada de Recursos Hídricos Aplicada a Gobiernos Locales, realizado en el Hotel La Hacienda, en Santiago de Veraguas los días 24 y 25 de noviembre de 2005.

6.2. Dos artículos han sido aprobados para presentar en el XXX Congreso de la Asociación de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, del 26 al 30 de noviembre de 2006, en Punta del Este, URUGUAY.

7. Próxima etapa

A partir de la conclusión de la segunda etapa en el mes de octubre del presente año **(dependiendo del II desembolso de los fondos económicos para las salidas de campo y tomar las muestras de agua para el mapa de calidad de agua, y la calibración y validación del SWAT)**. Posterior al muestreo ambiental en la cuenca del río David (parámetros físico-químicos y biota), se proseguirá con la etapa de diagnóstico socioeconómico de la cuenca y posteriormente con la calibración del modelo. Se espera tener estas dos etapas concluidas al mes de enero de 2007, de modo de elaborar los dos artículos para envío a revistas científicas a marzo de 2007.

“ Modelo de gestión de cuencas de origen volcánico para el control de la contaminación no puntual”

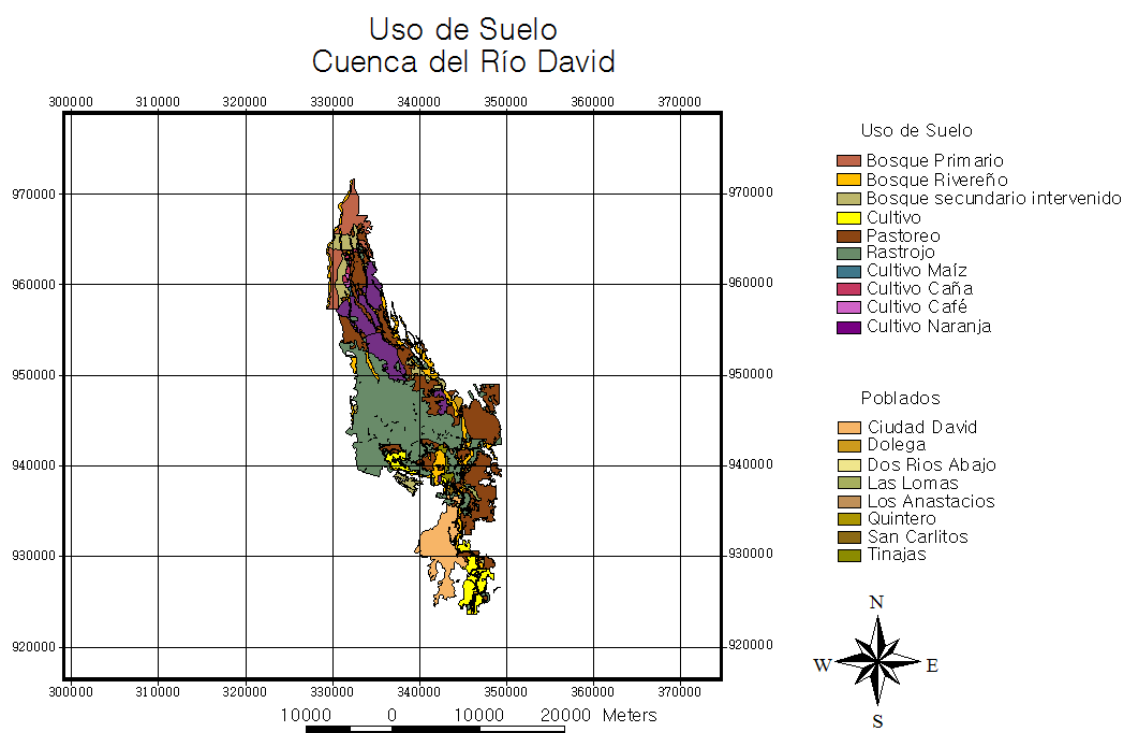
“Respuesta biológica a la contaminación en una cuenca tropical de origen volcánico”

8. Bibliografía.

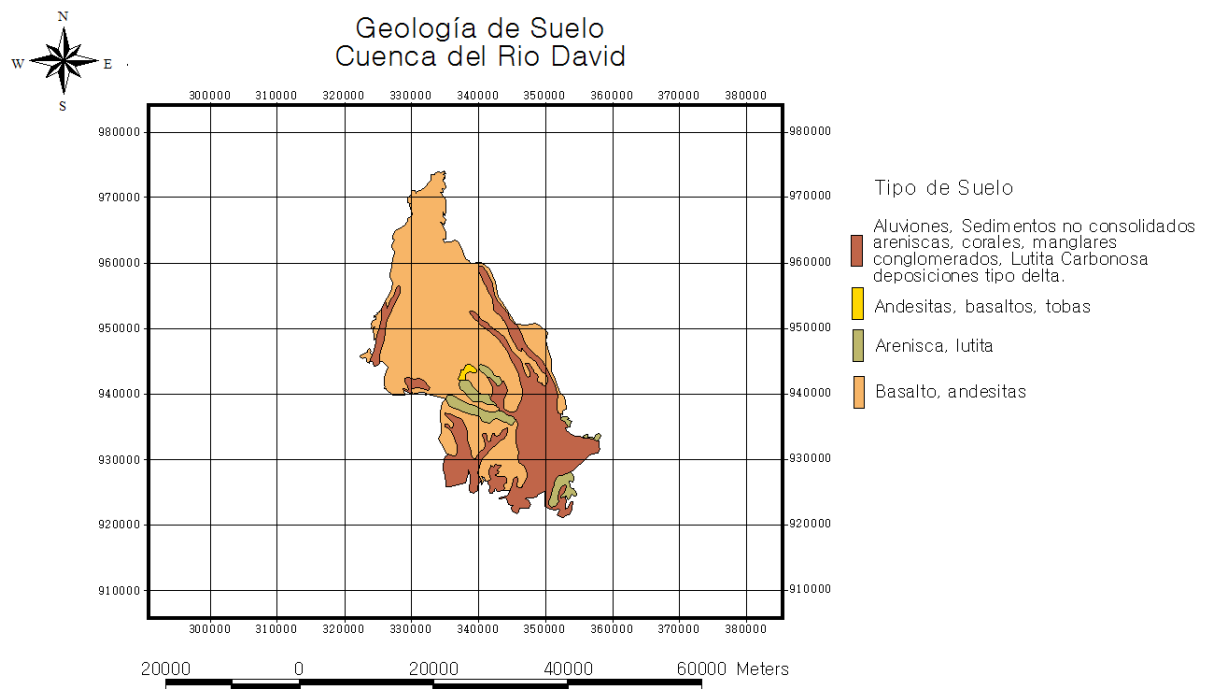
1. Angulo, M. (1993). Estimación de la Capacidad de Autodepuración del río Biobío (Chile) a través de la validación y aplicación del modelo QUAL2E, Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción. Chile
2. Arnold, J. G., Allen, P.M. (1996). Estimation Hydrologic Budgets for three Illinois Watershed. J. Hydrology. 176:57-77.
3. Correa, J., Domínguez, V.M., Vidal, G., Martínez, M. (2003). Aerobic degradation of 2,4,6- Trichlorophenol content in ECF bleached effluent. Environment International 29:459-465, San Diego, U.S.A.
4. Chapra, S.C. (1997) Surface Water Quality Modeling. The Mc. Graw Hill, Companies Inc., New York.
5. Christodoulatos, C., Mohiuddin, M (1996). Generalized model for prediction of pentachlorophenol adsorption by natural soils. Water Environmental Research 68:370-378.
6. Domínguez, V.M., Franco, N.A., Soto, Y., Olmos, J. (2005). Implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas utilizando como Base de Respuesta la Unidad Ecosistémica del Río David (avances del Proyecto I+D 147, financiado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología). I Congreso Nacional de Ingeniería Ciencia y Tecnología. Universidad Tecnológica de Panamá. Panamá
7. Domínguez, V.M. (2004). Mecanismos de autodepuración de Pentaclorofenol y 2,4,6-triclorofenol en el río Biobío entre Negrete y Laja, Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción. Chile.
8. Domínguez, V.M., Vidal, G., Martínez, M. (2004). Sorptive behavior of chlorophenols on river volcanic sediment. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 73:519-526.
9. Environmental System Research Intitute (ESRI) (1997). Understanding GIS. The ARC/INFO Method. John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A
10. Ley 41 del 3 de febrero de 1994. Por la cual se establece la Legislación Forestal en la República de Panamá, y se dictan otras disposiciones.
11. Lopez, A., Domínguez, V.M. (2000). Gestión de efluentes con modelo estocástico de Streeter-Phelps en un tramo del río Biobío, Chile. XIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Córdoba, Argentina. Tomo I:95-104.
12. Maidment, D. (1993). Handbook of hydrology. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, U.S.A.
13. Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA Chiriquí, 2006). Entrevista realizada al Ing. Abdiel Aizaprúa, Ingeniero Regional del MIDA en Chiriquí.
14. Novotny, V. and Olem, H.(1994). Water Quality. Prevention, identification, and Management of Diffuse Pollution. Van Nostrand Reinhold. New York, U.S.A.

15. Parra, O., Valdovinos, C., Figueroa, R., Acuña, A. (2006). Programa de Monitoreo de Calidad de agua del río Biobío. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. Concepción, Chile.
16. Schnoor, J.L. (1996). Environmental modelling, fate and transport of pollutants in water, air and soil. Wiley-Interscience Publications, New York, U.S.A.
17. 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.

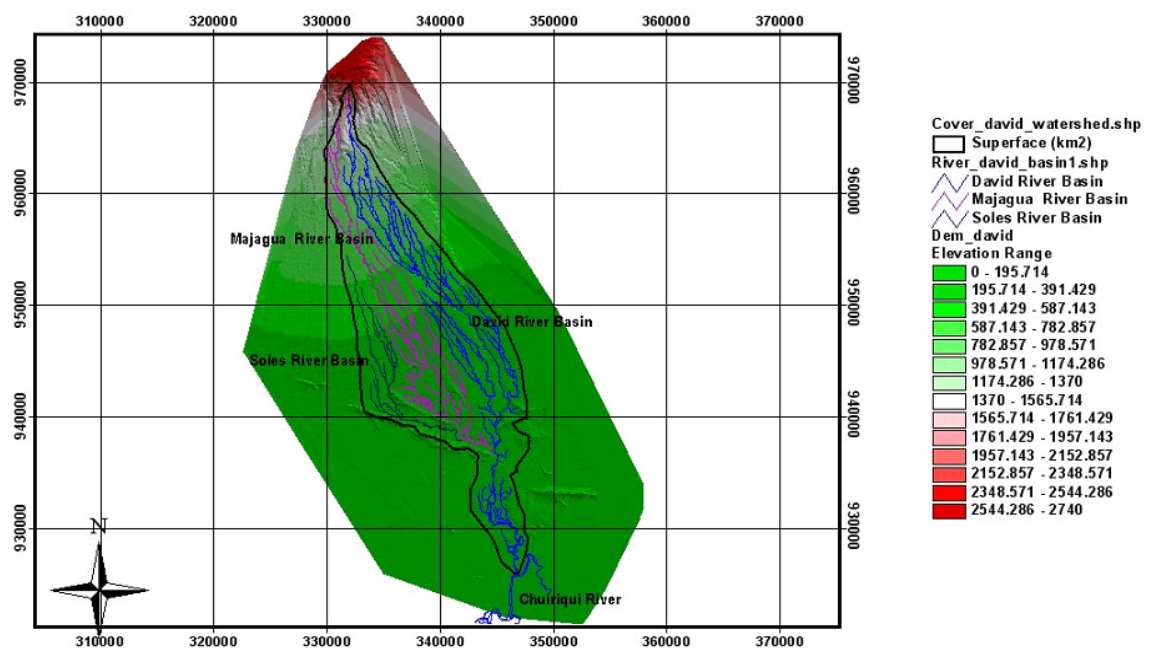
9. Anexos.



Anexo 1. Uso de suelo en la cuenca del río David.



Anexo 2. Mapa geológico de suelo.



Anexo 3. Delimitación de la cuenca del río David utilizando modelo de elevación digital (DEM).