

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).

**Estudiante Lic. en Ingeniería Ambiental Vianeth Mojica (último año), Trabajo de Tesis (Universidad Tecnológica de Panamá):** Análisis socioeconómico de la cuenca y apoyo en la modelación de la contaminación difusa en la Cuenca del Río David, utilizando el Modelo Soil and Water Assessment Tool (SWAT) (contaminación no puntual).

**Estudiante Lic. en Ingeniería Ambiental Mirthia Gonzáles (último año), Trabajo de Tesis (Universidad Tecnológica de Panamá).** Se encuentra realizando la investigación en : identificación de bioindicadores, indicadores físicos-químicos, para el diagnóstico ambiental de la cuenca del río David.

**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**

**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, segunda y tercera etapa, siguiendo el esquema del Modelo Conceptual de la investigación (Figura 1).

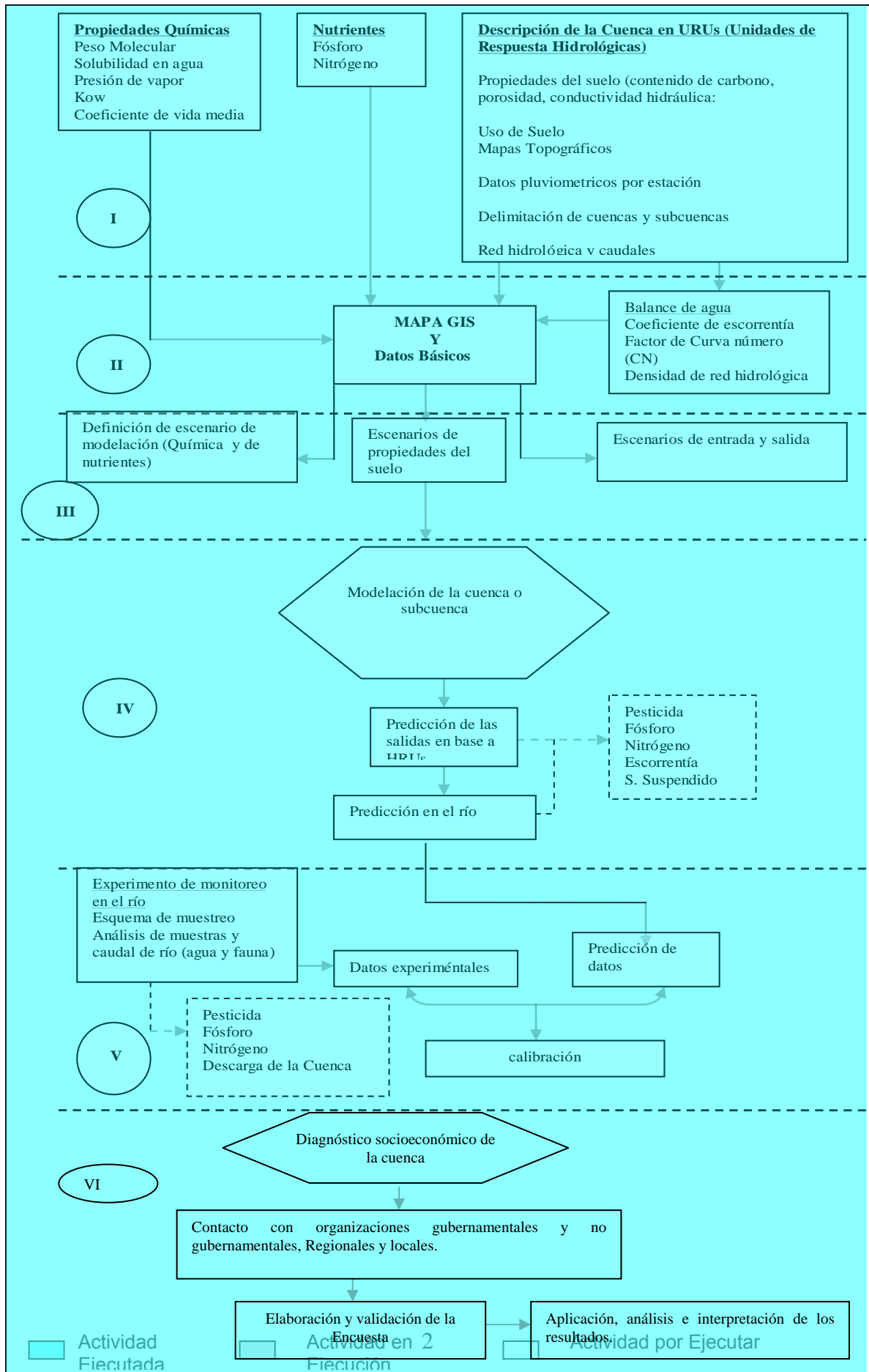


Figura 1. Modelo conceptual de la investigación.  Actividad Ejecutada

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

### **2.1. Objetivos específicos de la investigación ejecutados.**

2.1.1. Determinar las características de cada fuente puntual identificada (industrial, comercial y doméstica).

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

2.1.3. Establecer e iniciar un programa de monitoreo puntual de calidad de agua a lo largo de río David

2.1.4. Levantar un mapa de calidad del agua del río David

2.1.5. Levantar un mapa de uso de suelo para la cuenca del río David e incorporarlo al SIG (Sistema de Información Geográfica)

2.1.6. Crear una base de datos espaciales para la cuenca del río David.

2.1.7. Determinar las características de cada fuente puntual identificada (industrial, comercial y doméstica).

### **2.2. Objetivo específico y resultados esperados de la investigación en ejecución.**

2.2.1. Informe final del diagnóstico ambiental de la cuenca y propuesta de sistema de gestión cuenca.

2.2.2. Elaboración de una publicación científica para una revista indexada (modelación de la contaminación difusa) y una publicación científica nacional (utilización de mapas de calidad de agua para la determinación del estado de un cuerpo lótico)

## **3. Actividades realizadas**

**3.1. Etapas 1 y 3. Diagnóstico de la contaminación no puntual y socioeconómico-ambiental de la cuenca.** Se realizaron los muestreos de suelo en toda la cuenca (mayo 2007), para la determinación de Textura, Conductividad Hidráulica y Conductividad Eléctrica, % Humedad, Materia Orgánica, Porosidad, Densidad Real, Densidad Aparente, Roca Fragmentada, Carbono Orgánico y pH. Esta información es fundamental para la calibración del Modelo SWAT. Por otra parte se calibró el modelo hidrológico con un  $R^2 = 0.80$ , correlación favorable de acuerdo a Arnold (2002). Posteriormente se ejecutaron los escenarios de plaguicidas encontrados por cromatografía de gases en los monitoreos de calidad ambiental, estos plaguicidas son: dieldrin, lindano, 2,4-D, propanil, pendimetalina y endosulfán. Con esto se finaliza la etapa de diagnóstico de la contaminación no puntual obteniendo los siguientes productos: Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental (Mojica y Rodríguez, 2007) (1), Publicaciones a Congreso en el año 2007 (2). Actualmente nos encontramos en la elaboración de la publicación científica para revista indexada. Primer premio en el Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Civil. En los anexos se presentan las publicaciones a congreso.

Por otra parte se realizó el Diagnóstico socioeconómico y sanitario de la cuenca, a través de la aplicación de una encuesta a 1285 viviendas (mayo 2007). Posteriormente se analizaron los resultados y se obtuvo el Diagnóstico socioeconómico y sanitario. Dentro de la tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental se encuentra este producto (Mojica y Rodríguez, 2007). Sin embargo en los anexos se presenta este capítulo de la tesis, que será también incorporado en el informe final.

**3.2. Etapa 2. Diagnóstico de la contaminación puntual.** Se ejecutó el segundo (mayo de 2007) y tercer (octubre de 2007) programa de monitoreo del río David. Se elaboraron 2 informes del Programa de Monitoreo (diciembre 2006 y mayo de 2007), el tercer informe se encuentra en ejecución y en espera de los resultados de laboratorio. Se presentó un artículo al Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Civil, ganando el segundo premio. En los anexos se presentan: las publicaciones a congreso.

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

#### **4.1. FASE CULMINADA.**

Se han finalizado las Etapa 1 y 3, Diagnóstico de la Contaminación No Puntual y Socioeconómico y sanitario de la cuenca, con los productos mencionados en el subpunto 3.1. El método aplicado fue la calibración del modelo hidrológico del software SWAT, y ejecución de escenarios de contaminación difusa, de los plaguicidas dieldrin, lindano, 2,4-D, propanil, pendimetalina y endosulfán. Los citados plaguicidas fueron escogidos, debido a que fueron encontrados en los muestreos realizados en octubre de 2006 (solo plaguicidas) y diciembre de 2006, la metodología para determinar estos compuestos fue por cromatografía de gases con detector de microconductividad eléctrica.

Por otra parte la principal metodología para realizar el diagnóstico socioeconómico y sanitario, fue la aplicación de una encuesta en una muestra de viviendas en la cuenca.

Para culminar la Etapa 2, Diagnóstico de la Contaminación Puntual, se requieren de los resultados del tercer monitoreo (octubre de 2007), para redactar el tercer informe de monitoreo del Río David; sin embargo ya se cuenta con los productos mencionados en el subpunto 3.2. La metodología utilizada fue la "Guía para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Aguas Marinas (NAS)", diseñada por el Departamento de Control de la Contaminación de la Comisión Nacional del Ambiente de Chile (CONAMA).

#### **4.2. FASE ACTUAL.**

Finalizada todas las etapas del proyecto (parcialmente la número 2), el proyecto se encuentra en las siguientes actividades

4.2.1. Redacción de un artículo científico para revista indexada.

4.2.2. Redacción del Informe final que incluye el compendio de los resultados de contaminación puntual y difusa y la propuesta de sistema de gestión de cuencas.

4.2.3. Redacción del tercer programa de monitoreo del Río David.

#### **5. Producto de la Etapa.**

5.1. Modelación de la contaminación difusa en la cuenca. Artículo presentado en dos congresos. (Anexos).

5.2. Diagnóstico socioeconómico de la cuenca (Anexos)

5.3. Mapa Piloto de Calidad de Agua de la Cuenca del Río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá. Artículo presentado en un congreso. (Anexos).

- 5.4. Dos informes de monitoreo del Río David.  
5.5. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental (julio de 2007).

## **6. Observaciones y conclusiones (si aplican).**

- a) Presentados 2 artículos al Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Civil (agosto 2007)
- b) Presentado 1 artículo al Primer Congreso Internacional del Medio Ambiente en Ecuador (noviembre 2007)
- c) Sustentada 1 tesis de Licenciatura en Ingeniería Ambiental (julio 2007)
- d) Elaborados 2 programas de monitoreo de la calidad del agua del Río David (no publicados).

En estos documentos se presentan las conclusiones preliminares del proyecto, antes del informe final (ver anexos).

## **7. Próxima etapa.**

Se sugiere finalizado el proyecto hacer una validación del documento final en Chiriquí-David y Panamá-Panamá, con el fin de que sean conocidos los resultados, y además se puedan replicar el conocimiento, y dar seguimiento al Programa de Monitoreo, y al Sistema de Gestión de Cuencas. A esta validación deben asistir, representantes de: la sociedad civil (cuenca del río David), líderes comunitarios de la cuenca, Autoridad Nacional del Ambiente, Ministerio de Salud, Alcaldía de David, Alcaldía de Dolega, Universidad Tecnológica de Panamá. *En el proyecto no se contemplan estos fondos, de modo que al presentar el informe final se solicitarán.*

## **8. Bibliografía. Ver bibliografía de los anexos.**

## **9. ANEXOS.**

**ANEXO 1. Presentación de artículo a los siguientes congresos:**

**PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE, ECUADOR 2007**

**IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL**

**COLEIC, PANAMÁ 2007.**

**Modelación hidrológica con escenarios de contaminación difusa, para la planificación ambiental en la cuenca del río David.**

**Rodríguez, X.J.; Mojica, V.Y.; Caballero, M.I.; Franco, N.A.; Domínguez, V.M.\***

**Universidad Tecnológica de Panamá-Facultad de Ingeniería Civil-Departamento de Hidráulica, Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Campus Vícto Levi Sasso.**

\* Correspondencias a **Viccelda María Domínguez**, a [viccelda.dominguez@utp.ac.pa](mailto:viccelda.dominguez@utp.ac.pa), teléfono: (507) 560-3032

**Palabras claves: Modelo Hidrológicos, Plaguicidas, Metabolitos.**

El objetivo principal de esta investigación es calibrar un modelo hidrológico que permita simular escenarios de contaminación difusa por plaguicidas utilizados en una cuenca agrícola, con el propósito de que sea aplicado en la Planificación de las mejores prácticas de manejo en la cuenca del Río David, una importante fuente de abastecimiento de agua potable. Los cultivos de arroz y café han sido identificados, entre las principales actividades antropogénicas, siendo necesario evaluar los impactos de los plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz y café, en el sistema acuático. El propósito de este artículo es evaluar el fenómeno de transporte de plaguicidas utilizando el modelo “Herramienta de Evaluación para Suelo y Agua” (SWAT). Basados en los resultados del muestreo de agua, en tres meses diferentes (octubre, diciembre y mayo de 2006), y la calibración del modelo hidrológico, que representa la principal ecuación utilizada por SWAT. Los compuestos encontrados en aguas del río, fueron Propanil, Pedimentalina, Endosulfán, Dieldrin y Lindano; estos plaguicidas fueron analizados utilizando tecnología de extracción “microconductividad eléctrica” con detección por cromatografía de gases con espectrofotómetro de masa (GC-MS). Diferentes escenarios críticos de máxima escorrentía fueron proyectados. Se obtuvo una  $R^2$  de 0.80 en la calibración del modelo hidrológico y en la simulación de plaguicidas se obtuvo la mayor afectación por Pendimetalina y 2,4-D. Se recomiendan realizar estudios a futuros, especialmente de distintos insecticidas y sus metabolitos que se pueden generar en dichas combinaciones.

Keywords: Hydrological Model, Pesticides, Metabolites

The overall objective of this work is to calibrate a hydrological model to allow the simulation of different scenarios of no point source pollution by pesticide in an agricultural watershed to create a methodology for a sustainable management of an important drinking water source in Panama, David River. Rice and coffee culture has been identified as the main anthropogenic activity, been necessary to evaluate the impacts of pesticides used in rice and coffee culture on the aquatic systems. The purpose of this paper is to evaluate pesticides transport phenomenon using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) software. Based on the results of water samples, in three different months (October, December de 2006 and May 2007), and the calibration of the hydrological model, that represents the principal equation using by SWAT. Compounds found in river water, were Propanil, Pendimethalin, Endosulfan, Dieldrin y Lindano; these pesticide were analyzed using solid-phase “electrical micro conductivity” extraction technique with detection by gas chromatography with mass spectrometry (GC-MS). Different scenarios of critical runoff were projected. The results of the hydrological model calibration have a  $R^2$  of 0.80 and in the simulation of pesticide the principal impacts were generated by Pendimetaline and 2,4-D. Further monitoring studies are recommended, especially from different insecticides and their metabolites.

**Modelación hidrológica con escenarios de contaminación difusa, para la planificación ambiental en la cuenca del río David.**

Rodríguez, X.J.; Mojica, V.Y.; Caballero, M.I.; Franco, N.A.; Domínguez, V.M.\*

Universidad Tecnológica de Panamá-Facultad de Ingeniería Civil-Departamento de Hidráulica, Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Campus Vícto Levi Sasso.

\* Correspondencias a Viccelda María Domínguez, a [viccelda.dominguez@utp.ac.pa](mailto:viccelda.dominguez@utp.ac.pa), teléfono: (507) 560-3032

**Palabras claves: Modelo Hidrológicos, Plaguicidas, Metabolitos.**

El objetivo principal de esta investigación es calibrar un modelo hidrológico que permita simular escenarios de contaminación difusa por plaguicidas utilizados en una cuenca agrícola, con el propósito de que sea aplicado en la Planificación de las mejores prácticas de manejo en la cuenca del Río David, una importante fuente de abastecimiento de agua potable. Los cultivos de arroz y café han sido identificados, entre las principales actividades antropogénicas, siendo

necesario evaluar los impactos de los plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz y café, en el sistema acuático. El propósito de este artículo es evaluar el fenómeno de transporte de plaguicidas utilizando el modelo "Herramienta de Evaluación para Suelo y Agua" (SWAT). Basados en los resultados del muestreo de agua, en tres meses diferentes (octubre, diciembre y mayo de 2006), y la calibración del modelo hidrológico, que representa la principal ecuación utilizada por SWAT. Los compuestos encontrados en aguas del río, fueron Propanil, Pedimentalina, Endosulfán, Dieldrin y Lindano; estos plaguicidas fueron analizados utilizando tecnología de extracción "microconductividad eléctrica" con detección por cromatografía de gases con espectrofotómetro de masa (GC-MS). Diferentes escenarios críticos de máxima escorrentía fueron proyectados. Se obtuvo una  $R^2$  de 0.80 en la calibración del modelo hidrológico y en la simulación de plaguicidas se obtuvo la mayor afectación por Pendimetalina y 2,4-D. Se recomiendan realizar estudios a futuros, especialmente de distintos insecticidas y sus metabolitos que se pueden generar en dichas combinaciones.

Keywords: Hydrological Model, Pesticides, Metabolites

The overall objective of this work is to calibrate a hydrological model to allow the simulation of different scenarios of no point source pollution by pesticide in an agricultural watershed to create a methodology for a sustainable management of an important drinking water source in Panama, David River. Rice and coffee culture has been identified as the main anthropogenic activity, been necessary to evaluate the impacts of pesticides used in rice and coffee culture on the aquatic systems. The purpose of this paper is to evaluate pesticides transport phenomenon using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) software. Based on the results of water samples, in three different months (October, December de 2006 and May 2007), and the calibration of the hydrological model, that represents the principal equation using by SWAT. Compounds found in river water, were Propanil, Pendimethalin, Endosulfan, Dieldrin y Lindano; these pesticide were analyzed using solid-phase "electrical micro conductivity" extraction technique with detection by gas chromatography with mass spectrometry (GC-MS). Different scenarios of critical runoff were projected. The results of the hydrological model calibration have a  $R^2$  of 0.80 and in the simulation of pesticide the principal impacts were generated by Pendimetaline and 2,4-D. Further monitoring studies are recommended, especially from different insecticides and their metabolites.

### **Introducción**

La modelación de la contaminación no puntual, se compone de distintas ecuaciones matemáticas, de modo de representar los procesos de precipitación-escorrentía, erosión transporte disuelto y adsorbido de los compuestos (Maidment, 1993; Novotny & Olem, 1994). De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura.(FAO, 2006) entre los modelos de simulación de fuentes de contaminación no puntuales o difusas mas reconocidos, por su importancia en la aplicación de procesos hidrológicos, sedimentos, plaguicidas y nutrientes, además de su nivel de precisión temporal y espacial; se encuentra el SWAT (Soil and Water Assessment Tool), Herramienta de Evaluación de Suelo y Agua, desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Arnold et al., 2002). El SWAT integra un número considerable de submodelos; sin embargo, su fundamento es el balance hídrico para determinar la entrada, salida y almacenamiento de agua en la cuenca, este balance se calcula con la ecuación (1):

$$SW_t = sw + \sum (R_i - Q_i - ET_i - P_i - QR_i) \quad (1)$$

Donde:  $SW_t$  es el contenido de agua en el suelo en el día  $t$ ,  $sw$  es el agua aprovechable por las plantas o el contenido de agua en le suelo a 0.1-bar menos el contenido de agua a 15-bar,  $t$  es el tiempo en días,  $R$  es la precipitación diaria,  $Q_i$  la cantidad de escorrentía diaria,  $ET_i$  la evapotranspiración diaria,  $P$  la percolación diaria y  $QR_i$  el flujo de retorno o flujo base; todas las unidades en mm.

La presente investigación se basa en Maidment (1993) y Legates and McCabe (1999); dividiendo la cuenca del Río David en Unidades de Respuesta Hidrológica (UHRs) y modela cada una de las UHRs, permitiendo conocer su respuesta al final de cada UHRs, al igual que la respuesta al final de la cuenca total (Domínguez et al, 2005). Utilizando las UHRs se puede realizar escenarios de plaguicidas aplicados en distintas áreas de cultivos y su comportamiento en suelo y su posterior llegada al río. Los compuestos encontrados en aguas del río y analizados por un Cromatógrafo de Gases Agilent Modelo 6890 con receptor de microconductividad eléctrica, fueron los plaguicidas Propanil, Endosulfan, Pendimetalina, Dieldrin, Lindano y 2,4 D (Olmos 2007).

Diferentes escenarios críticos de máxima escorrentía fueron proyectados. Entre los resultados de las simulaciones en los distintos escenarios, hay presencia de compuestos carcinogénicos, siendo estos el caso del Dieldrin y el 2,4-D. Se recomienda implementar el Sistema de Gestión de Cuencas en el río David, en el cual en la próxima fase se calibren los plaguicidas encontrados en la cuenca, y además se relacionen con datos epidemiológicos del Ministerio de Salud.

### **Objetivo**

El objetivo principal de esta investigación es calibrar un modelo hidrológico que permita simular escenarios de contaminación difusa por plaguicidas utilizados en la cuenca alta, media y baja, con el propósito de que sea aplicado en la Planificación de las mejores prácticas de manejo en la cuenca del río David, la cual es una importante fuente de agua potable en la República de Panamá.

### **Metodología:**

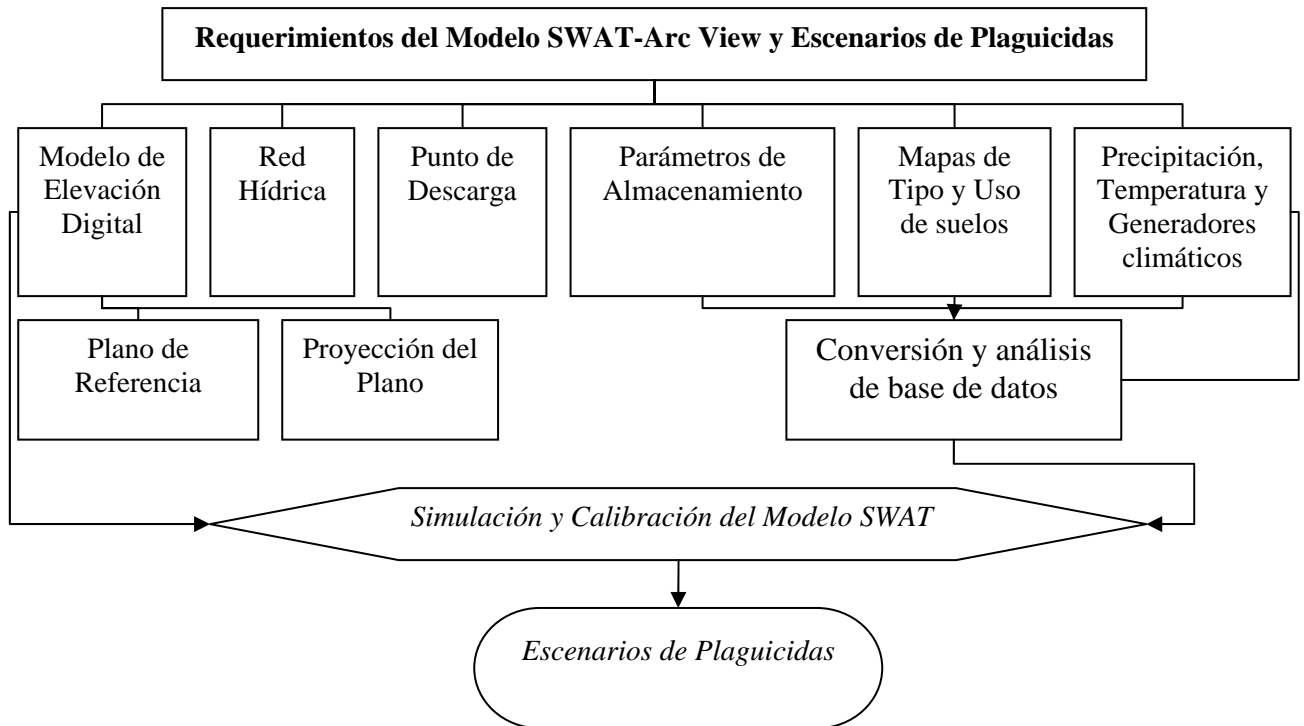
**Implementación de Arc View 3.2 en el Diagnóstico Físico de la Cuenca:** De acuerdo al Instituto de Investigación del Sistema Ambiental por sus siglas en inglés ESRI (Environmental System Research Intitute, 1997), el procedimiento para implementar los Sistemas de Información Geográfica (SIG); fase preliminar a la modelación hidrológica; se divide en cuatro etapas, las cuales se definen como sigue:

- Se referencia y digitaliza la red hídrica de la cuenca
- Se referencia geográficamente los mapas o cartas en Arc View 3.2 para así digitalizar, y obtener uso de suelo (agrícola, ganadería de pastoreo y otros), y tipo de suelo basado en la metodología abalada y descrita del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) mediante el método de Bouyoucos.
- Se referencia y digitaliza las curvas de nivel del área de estudio
- A partir de las curvas de nivel se genera el modelo de elevación digital (MDE), el cual se comprueba con los resultados de la red hídrica, observando la similitud entre las líneas de la red hídrica digitalizada y las depresiones observadas en el MDE en tres dimensiones.

**Modelación Hidrológica:** se realiza a través de la recopilación de datos generados a partir del SIG y de la base de datos de las estaciones de ETESA número 108-03-02 y Rovira, ubicadas en la parte baja y alta de la cuenca respectivamente; ambas estaciones de Tipo A.

Basado en la metodología descrita por Maidment (1993) y Legates and McCabe (1999) se divide la cuenca del Río David en Unidades de Respuesta Hidrológica (UHRs) modelando cada una de las UHRs, lo que permite conocer su respuesta al final de cada una, al igual que la respuesta al final de la cuenca total (Domínguez et al., 2005). La información se obtuvo y se introdujo de acuerdo al Diagrama de flujo 1.



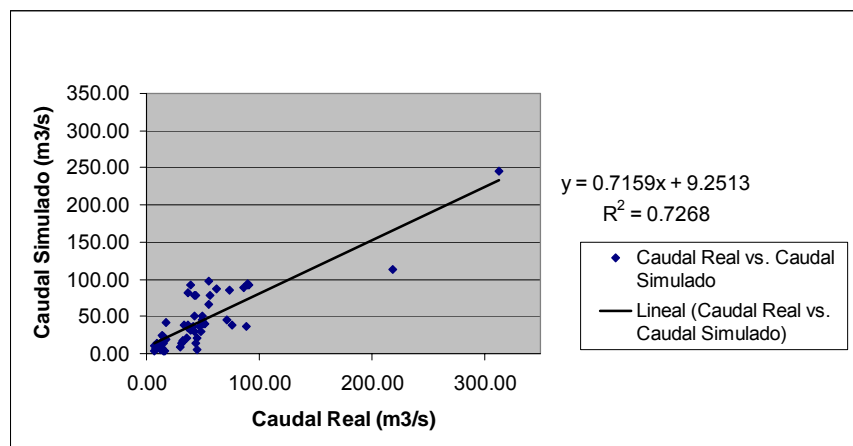


**Diagrama de flujo 1.** Requerimientos del Modelo SWAT - Arc View y Escenarios de Plaguicidas.

### Resultados y Discusión

A partir del modelo hidrológico SWAT, se obtiene una definición del área de la cuenca del Río David a partir de la dirección y el flujo representado según las pendientes del MDE. Como resultado se obtienen 46 UHRs que conforman la cuenca del río David.

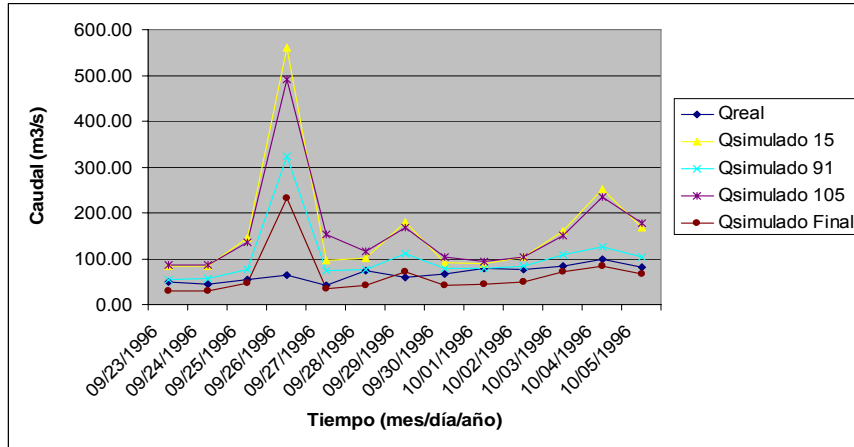
De la calibración que se realiza específicamente para el año 1996 (288 simulaciones) se obtiene la Figura 1, la cual muestra la correlación para distintos eventos entre los años 1994 – 1997. Los eventos utilizados son aquellos que han sido poco intervenidos por rellenos de datos por el método de Pearson, debido a que datos rellenos generan un caudal diferente al real y alejan la respuesta a la realidad y posterior correlación obtenida de la simulación del modelo hidrológico.



**Figura 1.** Correlación para los años 1994 – 1997.

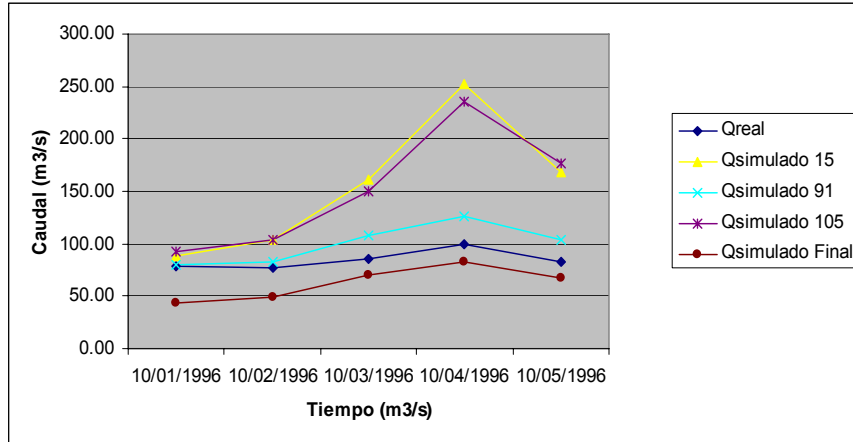
Como muestra la Figura 1, la correlación para los años 1994 hasta 1997, es de  $R^2 = 0.73$ , valor de correlación aceptable, considerando los datos faltantes y rellenos realizados en su mayoría

para los años 1994, 1995, 1996 y 1997 según lo observado por Oñate (2003). A partir de estos resultados se trabaja en base al año 1996, el cual posee la mayor cantidad de datos reales. De los cambios realizados a los parámetros de curva número, surlag, tiempo de concentración, flujo base o flujo de recarga subterránea (GWQMN), coeficiente de evapotranspiración (ESCO); derivados del análisis de sensibilidad combinado  $2^k$ ; donde K es el número de parámetros de mayor influencia, siendo en total 4 los fundamentales en cuanto a la ecuación de escorrentía; en el año 1996 se obtiene los resultados mostrados en la figura 1.2 para los meses de mayor precipitación:



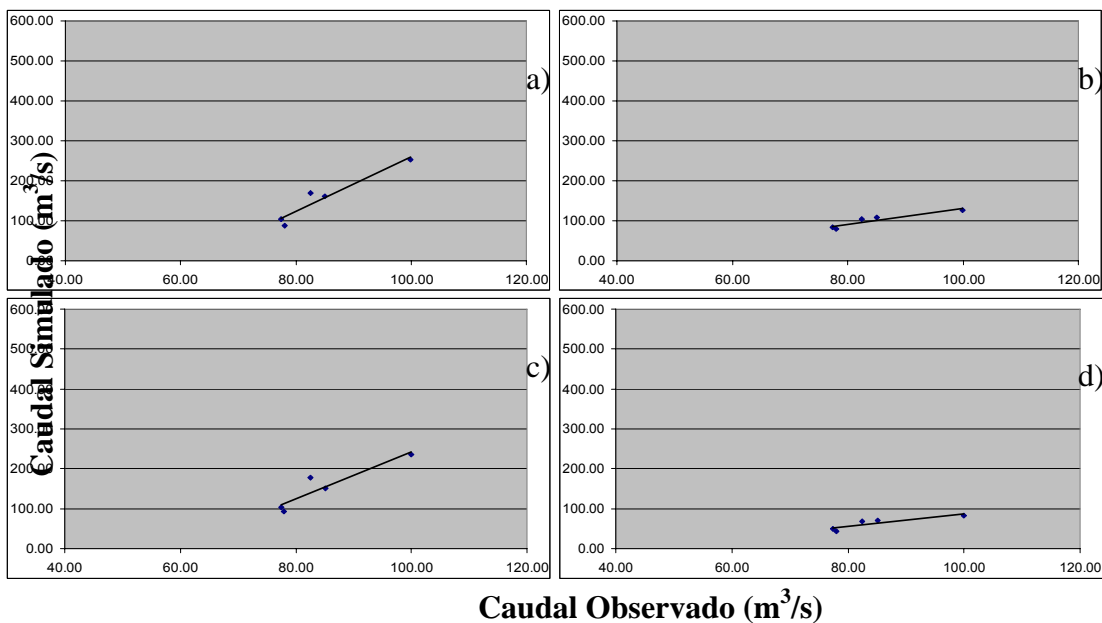
**Figura 2.** Escenarios para la calibración.

La Figura 2 muestra los cuatro escenarios más representativos de la calibración que permiten ir ajustando los parámetros de entrada al modelo SWAT para la cuenca del río David, la cual muestra una similitud entre Qreal (caudal real) y las diferentes simulaciones (Qsimulado) hasta alcanzar una correlación  $R^2$  entre 0.7981 a 0.8005, los cuales se mantiene dentro de los sugeridos por Torres et al. (2005), Aitken, (1973), Karvonen et al., (1999). En la figura 2 se observa para el evento de precipitación-escorrentía superficial, que los primeros días del evento se mantienen cercano a los valores reales; sin embargo, el flujo de los valores pico presentes, no puede ser disminuido de mejor manera, sin pérdida en la correlación. La interpretación del modelo en cuanto a la diferencia del flujo pico, puede ser causada por la implementación de usos de suelo actuales (año 2005 – 2006), mientras se trabaja en base a comparaciones de caudales del año 1996. Lo planteado sugiere una diferencia de 10 años de desarrollo económico y social, lo cual se refleja como mayor área pavimentada, crecimiento urbanístico, usos pecuarios en la región entre otros; que inciden en una menor permeabilidad del suelo, aumento en la escorrentía y subsiguiente aumento de caudal en la región. Lo que coincide con autores como Mays (1996). Aunando la inconsistencia de los valores de precipitación obtenidos de los datos de ETESA, lo cual disminuye el factor de correlación del modelo, que coincide con lo mencionado por Ndomba & Mtalo (2005), Arnold (2002) y Oñate (2003), el último sobre calibración del Modelo SWAT en la cuenca binacional del Río Catamayo entre Ecuador y Perú. Se observa sin embargo una correlación de  $0.7981 \approx 0.8$ , con un valor de flujo pico de mayor similitud con el valor real de caudal. Por otra parte, segregando de la Figura 2 el último evento de precipitación observado (el cual cubre 5 días de evento de lluvia entre el 1 al 5 de octubre de 1996) se obtiene una correlación de 0.8001 con respecto a lo medido en la estación limnimétrica de ETESA (Figura 3).



**Figura 3.** Evento del 1 al 5 de octubre de 1996.

En la Figura 3 se observa que el flujo pico ocurre para el día 4 de octubre de 1996; y que los Qsimulado91 y Qsimuladofinal se asemejan al Qreal. Observándose una tendencia de cercanía de valores simulados a valores reales. En la Figura 4 se observan las diferentes líneas de tendencia para las cinco simulaciones realizadas en la Figura 3.



**Figura 4.** Línea de Tendencia y Correlación por Simulación para el evento del 1 al 5 de octubre de 1996. a)  $R^2 = 0.9210$  para Qsimulado15 para el segundo evento; b)  $R^2 = 0.8573$  para Qsimulado91 para el ultimo evento; c)  $R^2 = 0.8558$  para Qsimulado105 para el ultimo evento; d)  $R^2 = 0.8005$  para QsimuladoFinal para el ultimo evento.

El último evento de calibración (QsimuadoFinal) en la Figura 3 se encuentra representada en la correlación mostrada en la Figura 4 d). Observándose una correlación mayor a 0.8. Se observa en la Figura 4 que para a) se tiene valor de correlación de 0.9210, sin embargo existe un flujo pico superior al flujo real u observado. En cambio la d) de la misma Figura tiene una correlación de 0.8005, con un valor pico de flujo de mayor ajuste al valor real de caudal. Los valores de caudal para la gráfica d) QsimuladoFinal son menores a los caudales reales presentes en la Figura 3.

El modelo SWAT muestra una correlación para ambos eventos escogidos para la calibración de  $R^2 \approx 0.8$ , esto sugiere que el modelo se ajusta a las condiciones de estudio y su calibración para el año 1996 se da por concluido este proceso.

A partir de los resultados de la calibración de los eventos de lluvia, se procede a realizar los escenarios de plaguicidas, con el valor obtenido en QsimuladoFinal. El objetivo de ejecutar estas corridas es encontrar valores que serian menores a los que pueden ser generados en la situación real, y nos sugirieran la llegada o no al río de plaguicidas en una situación similar.

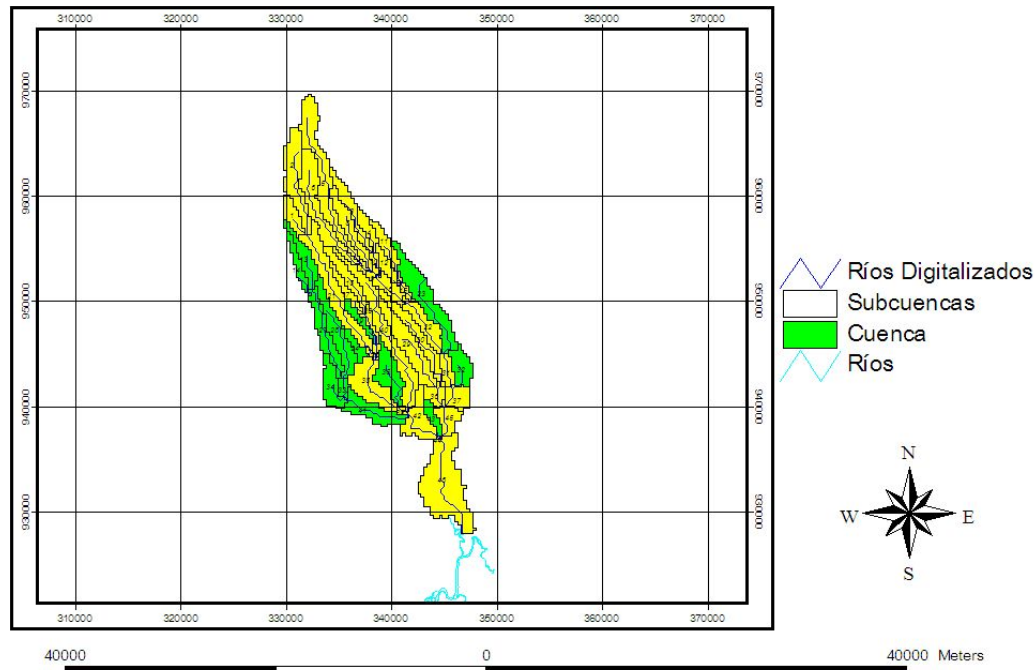
Resultados preliminares de muestras tomadas en distintos sitios de la cuenca del Río David (medio agua en 6 puntos, y envase de mezcla de plaguicidas en cultivos), y analizados por un Cromatógrafo de Gases Agilent Modelo 6890 con receptor de microconductividad eléctrica, revelan la presencia de los plaguicidas Propanil, Endosulfan, Pendimetalina, Dieldrin, Lindano y 2,4 D Olmos, (2007). Se realiza la ejecución y análisis de los escenarios en base a estos plaguicidas de acuerdo a sus características físico-químicas.

Según los resultados obtenidos para simulaciones de escenarios de plaguicidas bajo condiciones establecidas de cantidad del mismo en follaje y enriquecimiento en suelo se obtiene los siguientes resultados descrita en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de Escenarios de Plaguicidas y su Comportamiento en los Medios de Transporte.

Plaguicida	Comportamiento en Suelo	Comportamiento en Agua	Cantidad que llega al Río (mg)
Endosulfan	Se adhiere al suelo	Poco soluble en agua	0.7e-4 a 8.48 mg
Propanil	Poca adherencia al suelo	Soluble en agua	3.76 a 27.85 mg
Pendimetalina	Se adhiere al suelo	Poco soluble en agua	1511 a 13360 mg
Dieldrin	Se adhiere al suelo	Poco soluble en agua	5.2e-4 a 246 mg
Lindano	Se adhiere al suelo	Soluble en agua	0.12 a 241.5 mg
2,4-D	Poca adherencia al suelo	Soluble en agua	137 a 619 mg

De acuerdo a lo observado en la tabla 1 se observa que los plaguicidas de menor llegada son Endosulfan y Propanil, ambos tienen comportamiento parecidos en cuanto a llegada al río, teniendo similitud en las UHRs en la cual se obtiene llegada al río. El Endosulfan y el Propanil tienen comportamiento de transporte distinto, el primero depende del sedimento es un plaguicida que se adhiere fuertemente a suelos de partícula pequeña (textura de franco arcillosa). Christodoulatos y Mohiuddin, (1996), y el último una moderada a alta solubilidad en agua dependiendo de la escorrentía superficial. Un comportamiento parecido se observa para los plaguicidas Dieldrin y Lindano, ambos se adhieren al suelo, sin embargo el Lindano tiene mayor solubilidad en agua que el Dieldrin, observándose una parecida llegada al río en cantidades cercanas a 250 mg y un similar movimiento en UHRs debido principalmente a su moderada a fuerte adherencia en suelos. Son la Pendimetalina y el 2,4-D los plaguicidas de mayor presencia y llegada a las aguas del río David basándonos en las simulaciones, observándose una cantidad cercana a las 13360 para la Pendimetalina y 619 para el 2,4-D. El comportamiento y transporte de ambos plaguicidas es completamente distinto, la Pendimetalina se adhiere al suelo y por ende depende del sedimento para llegar al río, por su lado el 2,4-D es soluble en agua y por ende su transporte en la cuenca se debe a la escorrentía superficial.



**Figura 4.** Escenarios de transporte de Pendimetalina en la Cuenca del Río David.

Es la Pendimetalina el de mayor llegada al río, debido en gran parte a la parte baja de la cuenca del río David, la cual es de textura de suelo Franco Arcillosa, aunque su llegada al río se da a lo largo y ancho de la cuenca la cual es de textura Franco Arenosa como se observa en la Figura 4.

#### **Conclusiones y Recomendaciones**

Se debe comprender claramente, que estos son escenarios posibles, no son escenarios calibrados en campo con datos reales. La intención es conocer como se proyectaría el transporte, y si son capaces de llegar los plaguicidas objeto de este estudio, bajo el escenario hidrológico calibrado, características fisicoquímicas del suelo y las condiciones de uso de suelo actuales.

Entre los plaguicidas simulados en los distintos escenarios, hay presencia de compuestos carcinogénicos, siendo estos el caso del Dieldrin y el 2,4-D. La presencia de estos plaguicidas en la cuenca ha sido comprobada por Olmos (2007), y su transporte es más que probable por medio de la escorrentía simulada por este estudio. Como otra fase de la investigación, se realizó una encuesta socioeconómica en la cuenca, que incluía, recabar información de tipo epidemiológica y de uso de plaguicidas. Los resultados mostrados en Mojica y Rodríguez, (2007), arrojaron una incidencia del 19 % de casos de cáncer en la cuenca del río David. Sin embargo, las evidencias no son suficientes para relacionar directamente los casos.

Se recomienda implementar el Sistema de Gestión de Cuencas en el río David, en el cual en la próxima fase se calibren los plaguicidas encontrados en la cuenca, y además se relacionen con datos epidemiológicos del Ministerio de Salud.

Con este proyecto se comprueba la posible implementación de diversos modelos hidrológicos en cuencas con características volcánicas montañosas con condiciones meteorológicas e hidrológicas similares o muy parecidas a las observadas en la cuenca del río David.

*Agradecimientos: A la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por financiar esta investigación a través del Proyecto de Fomento a la Investigación y Desarrollo ID 147-2005.*

## **Bibliografía**

- Aitken, A. (1973). Assessing Systematic Errors In Rainfall-Runoff Models. *Journal of Hydrology* 20:121-136.
- Arnold, J. et al., (2002). *Soil and Water Assessment Tool User's Manual*. Texas Water Resources Institute College Station. Texas.
- Christodoulatos, C., Mohiuddin, M. (1996). Generalized models for prediction of pentachlorophenol adsorption by natural soils. *Water Environmental Research* 68:370-378.
- Domínguez, V.M., Franco, N., Mojica, V., Caballero, M., Santamaría, E., Rodríguez, X. (2005). Informes de Avance (1,2) proyecto Implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas tomando como base de respuesta, la unidad ecosistémica del Río David. Proyecto presentado a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT). Panamá.
- Environmental System Research Institute. (ESRI). (1997). *Understanding GIS. The ARC/INFO Method*. John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.
- Karvonen, T., Koivusalo, H., Jauhiainen, Palko, J., Wepling, K. (1999). A hydrological model for predicting runoff from different land use areas. *Journal of Hydrology* 217: 253 – 265.
- Legates, D., McCabe, G., (1999). Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resources Research* 35:233-241.
- Maidment, D. (1993). *Handbook of hydrology*. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, U.S.A.
- Mays, L.W. (1996). *Water Resources Handbook*. McGraw-Hill. New York, U.S.A.
- Mojica, V., Rodríguez, X. (2007). Modelación hidrológica con escenarios de contaminación difusa, para la planificación ambiental en la cuenca del río David. Tesis para optar al grado de Licenciado en Ingeniero Ambiental. Universidad Tecnológica de Panamá.
- Ndomba, P., Mtalo, F. (2005). The Suitability of SWAT in Sediment Yield Modeling for Ungauged Catchments: A Case of Simiyu River Subcatchment, Tanzania. 3<sup>rd</sup> International SWAT Conference.
- Novotny, V., Ollem, V. (1994). *Prevention, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Olmos, J. (2007). Avances de la Tesina, Determinación Analítica por Cromatografía de Gases de Compuestos Orgánicos clorados de Media a Larga vida media en Agua, Tomando como Caso de Estudio la Cuenca del Río David. Trabajo de Graduación para optar al Título de Magíster Profesional en Ingeniería Ambiental. Panamá, Panamá.
- Oñate, F., Aguilar, G., (2003). Aplicación del Modelo SWAT para la Estimación de Caudales y Sedimentos en la Cuenca Alta del Río Catamayo. Perú.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. (FAO). (2006). Sistema de Información Geográfica conexión con los modelos de simulación y aplicación a las materias relacionadas con la erosión Pág. 1-6
- Torres, E., Oropeza, J., Fernandez, D. (2005). Aplicación del Modelo SWAT en la Cuenca el Tejocote Altacamulco. México.

**Anexo 2. Presentación de artículo al**

**IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL**

**COLEIC, PANAMÁ 2007**

**CONCURSO DE PONENCIAS**

**Mapa Piloto de Calidad de Agua de la Cuenca del Río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá**

**AUTOR(ES):**

**MASIEL CABALLERO**

**MIRTHIA GONZALEZ**

**ASESOR:**

**DRA. VICCELDA DOMINGUEZ LECKY**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PANAMA**

**Mapa Piloto de Calidad de Agua de la Cuenca del Río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá**

## **I. INTRODUCCION**

La determinación de la calidad de las aguas es indispensable en la gestión integrada de este recurso. En todo el territorio nacional es de gran importancia planificar de forma estratégica, los programas y proyectos que deben ser implementados para prevenir la contaminación, promover la conservación y aplicar medidas de recuperación para el mejoramiento de la calidad ambiental de los recursos hídrico.

La contaminación puntual de nuestros recursos hídricos es evidente, por tal razón se hace necesaria la ejecución de un monitoreo de la calidad del agua. Para este estudio la cuenca seleccionada, es la del Río David, entre las principales razones, a que sirve como fuente de abastecimiento de agua potable, considerada como la segunda fuente de abastecimiento más grande del país (capacidad nominal de 13 MGD y su producción real es de 14.1 MGD, planta de Algarrobo IDAAN, 2004). Por otra parte el río David es un importante sistema ambiental, que sostiene importantes ecosistemas acuáticos y terrestres de los distritos de Dolega y David.

La cuenca del río David, posee una extensión territorial aproximada de 315 km<sup>2</sup>; 153, 838 habitantes y se encuentra ubicada geográficamente, entre las coordenadas UTM 320000 y 380000 E, 900000 y 965000 N, en la Provincia de Chiriquí, República de Panamá.

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).

Este río además de tener el uso como fuente de abastecimiento de agua, es utilizado como cuerpo receptor de las descargas de aguas residuales (doméstica, industrial y comercial) de la ciudad de David, 77,734 habitantes. (Estadística y Censo, 2000).

Los habitantes de esta subcuenca se han dedicado a la producción de naranja, caña, café, piña, granos básicos y ganadería. Sin embargo, las malas prácticas desarrolladas a través del tiempo han provocado un desequilibrio ambiental: los suelos presentan alto nivel de degradación, son pobres y desprotegidos debido a las actividades pecuarias que se extienden a zonas con pronunciadas pendientes, que debido al sobrepastoreo ocasionan problemas de compactación y erosión reduciendo la capacidad de infiltración y regulación de la escorrentía. A esto se le suma una fuerte deforestación en la parte alta de la Subcuenca, incluyendo el nacimiento del Río David (Batista, 2003).

## **II. OBJETIVO**

Elaborar un mapa piloto de calidad del agua, incorporando el Sistema de Información Geográfico (SIG), en la cuenca e implementar un programa de monitoreo puntual de calidad de agua a lo largo del río David, como mecanismo de prevención y control de la contaminación del agua.

## **III. METODOLOGÍA**

### **Parámetros analizados**

Para las campañas de monitoreo se sugieren la medición de 10 parámetros de calidad del agua (Tabla 1) en: las siete estaciones del curso principal, una estación en el Río Majagua, una en las quebradas Sapo y Obaldía (respectivamente) y la descarga principal de la ciudad de David, generados por el Proyecto: **Implementación de un Sistema de Gestión de Cuencas utilizando como Base de Respuesta, la unidad ecosistémica del río David**. De estos parámetros, Temperatura, pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>), Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total, Fósforo Total y Demanda Química de Oxígeno (DQO). La razón por la cual se han escogido estos parámetros, es que los siete primeros, de acuerdo a distintos autores, como la Comisión Nacional del Medio Ambiente (1999), Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos (1970) y Autoridad Nacional del Ambiente (2005 y 2006) se encuentran entre las variables más representativas de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental (NAS) y el Índice de Calidad del Agua (ICA). En cuanto a los tres últimos parámetros ellos pueden ser indicadores de contaminación difusa, a través del transporte de Nitrógeno, Fósforo y químicos hasta al eje principal de la cuenca (estos tres últimos forman parte de otra fase de la investigación, por lo que no se discutirán con detalle en este estudio).

### **Normativas y manuales de referencia**

Para el muestreo de la descarga de la ciudad de David, se seguirá lo establecido en la norma DGNTI-COPANIT 35-2000, en su artículo 4 correspondiente a muestreos y análisis de "Descargas de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de agua superficiales y subterráneas".

### **Clases de calidad asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales.**

El criterio utilizado para determinar las clases de calidad será la "Guía para el establecimiento de las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales y Aguas Marinas (NSCA)", diseñada por el Departamento de Control de la Contaminación de la Comisión Nacional del Ambiente de Chile (CONAMA) (INN-Chile, 1999), en ausencia de una norma o guía nacional.

Según la NSCA, las clases de calidad asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y para los usos prioritarios son las siguientes:



a. *Excepcional*: Indica un agua de mejor calidad que la clase 1, que por su extraordinaria pureza y escasez, forma parte única del patrimonio ambiental de la República. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.

b. *Muy buena calidad (1)*. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos comprendidos en las clases 2 y 3.

c. *Buena calidad (2)*. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa, y para los usos comprendidos en la clase 3.

d. *Regular calidad (3)*. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

Las clases de calidad comprendidas entre la Clase de Excepción y la Clase 3, son aptas para la captación de agua para potabilizarla, dependiendo del tratamiento a utilizar. Las aguas que exceden los límites establecidos en la futura norma de calidad para la clase 3, indican un agua de mala calidad (clase 4), no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para los usos prioritarios a los que se hace referencia anteriormente, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado y/o para aprovechamiento industrial.

#### IV. RESULTADOS

Para conocer la condición ambiental de la cuenca primeramente se han estudiado 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 analizan las características geomorfológicas del río David, utilizando fotografías aéreas 1:20000 y cartas topográficas e hidrográficas de 1:50000, se secciona el río en 7 tramos de acuerdo a sus características geomorfológicas, ríos tributarios y las actividades de la cuenca.

La selección de las estaciones de muestreo se realizó, sobre la base de información relativa a las propiedades del ecosistema fluvial y sus usos prioritarios.

**Tabla.1.** Descripción de las estaciones de muestreo

Código	Río	Coordenadas UTM	
		X	Y
PR	Río David	331939.000	963317.000
PD1	Río David	331990.510	963546.39
PD2	Río David	332191.080	962029.620
PD3	Río David	322004.81	960992.850
PD4	Río David	335157.070	955447.820
PM	Río Majagua	343567.004	937845.468
PD5	Río David		

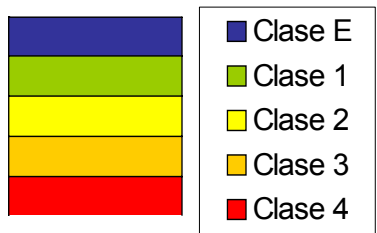
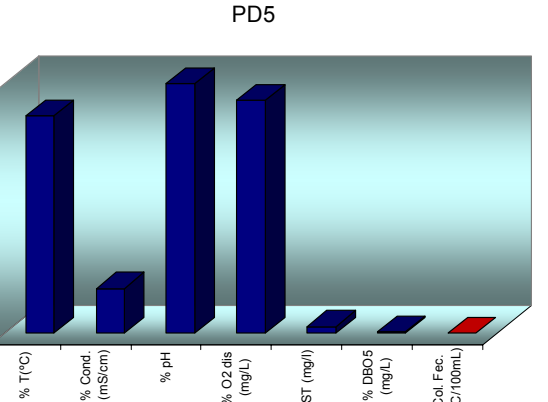
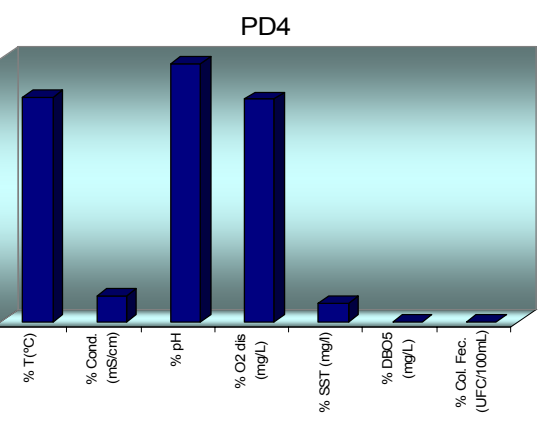
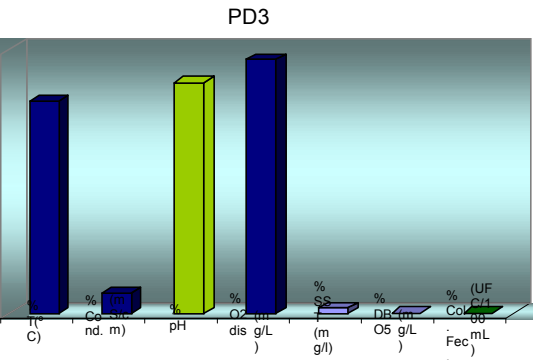
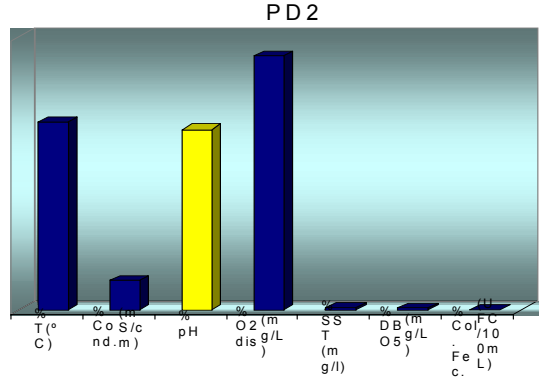
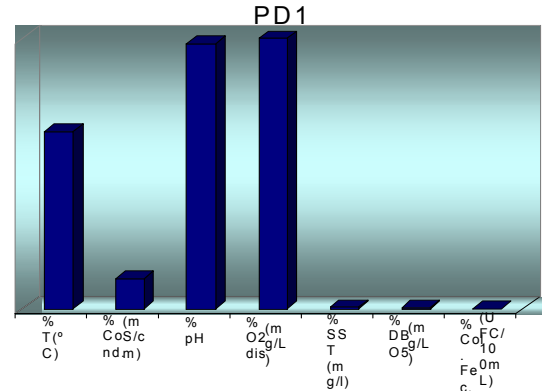
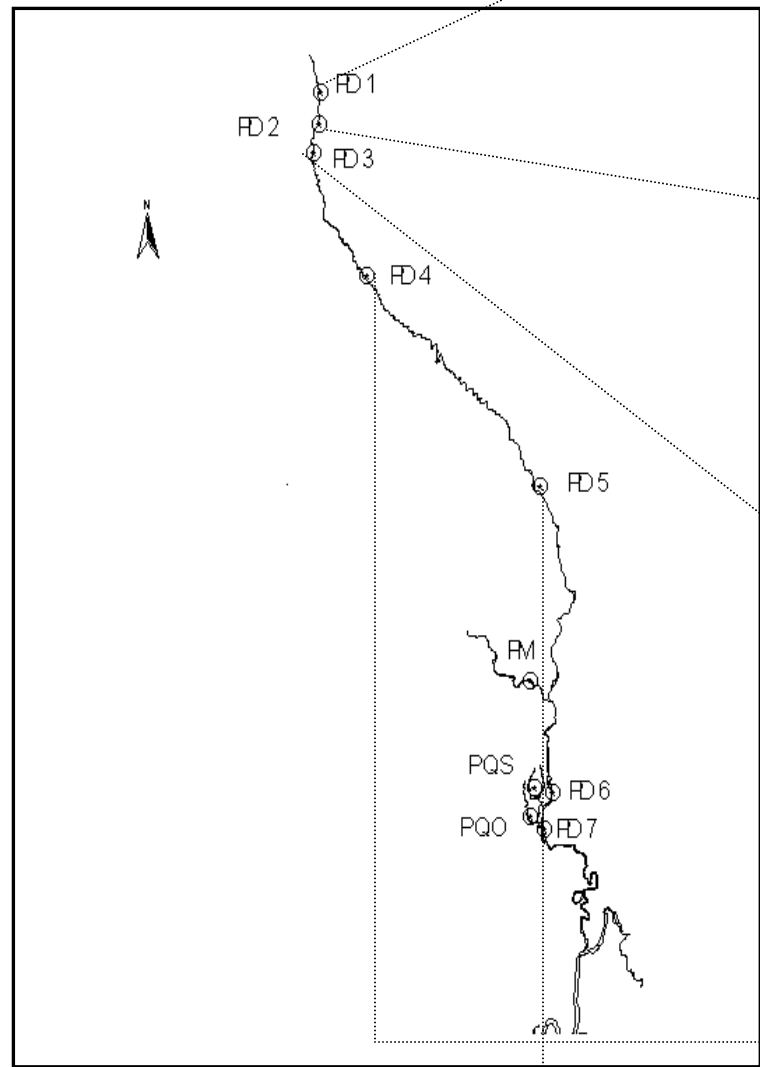
PD6	Río David	344745.318	932504.718
PD 7a	Río David (antes de la descarga de la ciudad de David)	344229.390	931333.230
PD 7b	Río David (después de la descarga de la ciudad de David)	344232.370	931320.750
PQS	Quebrada del Sapo	344149.380	932672.530
PQO	Quebrada de Obaldía	344131.990	931486.13

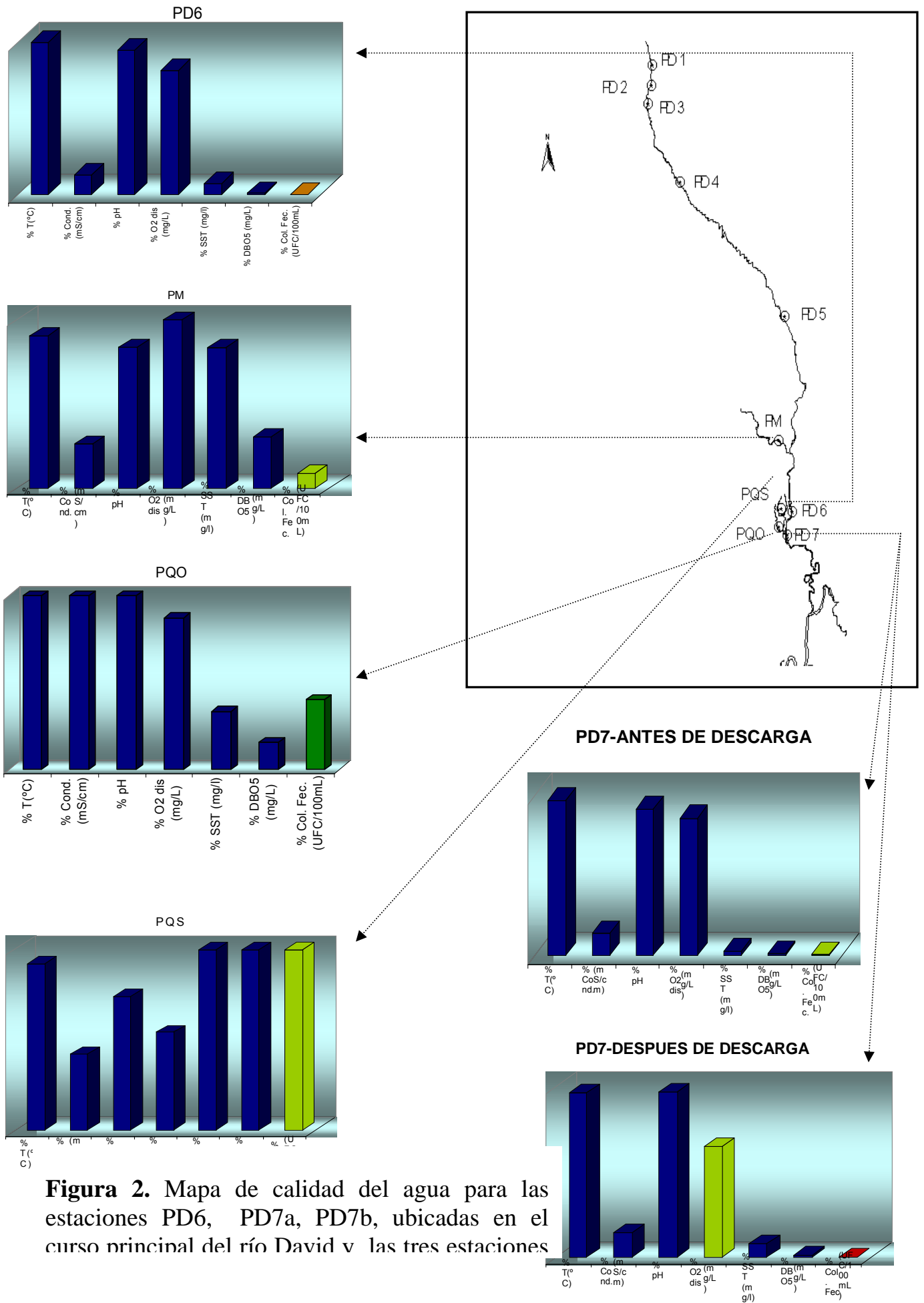
En los gráficos elaborados, el tamaño de cada barra representa el valor obtenido de un determinado parámetro en términos porcentuales respecto de la máxima concentración registrada para ese parámetro durante esta campaña, considerando todas las estaciones de muestreo (curso principal y afluentes). El color en tanto, representa la clase de calidad según la NSCA siendo: Azul= Excepcional; Verde= Clase 1; Amarillo= Clase 2; Naranja= Clase 3; Rojo= Clase 4.

Al comparar los 7 parámetros en estudio con las Normas Secundarias de Calidad Ambiental para Aguas Continentales Superficiales (NSCA), se tienen los siguientes resultados:

1. En relación con el muestreo realizado a los afluentes y efluentes que descargan al río David se tienen tres puntos de monitoreo de ellos (**Figura 1b**), los parámetros de temperatura, conductividad, pH, Oxígeno Disuelto, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno con un 100 % en clase E respectivamente y los Coliformes fecales un 100 % en clase 1 (de muy buena calidad).
2. Las mediciones realizadas en las estaciones del curso principal del río David (**Figura 1 a y b**), indican que en los 7 puntos de muestreo, los parámetros de temperatura y

**Figuras 1a.** Mapa de calidad del agua para las estaciones PD1, PD2, PD3, PD4, PD5 ubicadas en el curso principal del río David. La altura de cada barra indica el valor del parámetro, relativo al máximo registro obtenido en este muestreo y para todas las todas las estaciones. El color representa la clase de calidad según la NSCA.





**Figura 2.** Mapa de calidad del agua para las estaciones PD6, PD7a, PD7b, ubicadas en el curso principal del río David y las tres estaciones

conductividad se encuentran el 100 % en Clase E (Clase de Excepcional), un 77.78 % del pH en Clase E y un 22.22 clase 4 (mala calidad, PD2 Y PD3), con respecto al Oxígeno Disuelto (OD) un 88.89 % Clase E y un 11.11 clase 1 (de muy buena calidad, PD7b), Sólidos Suspendidos Totales (SST) un 100% es clase E, el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) un 100 % clase E y coliformes fecales un 66.67 % clase E, 22.22 % clase 1(muy buena calidad, PD3, PD7a) y un 11.11 % clase 4 (mala calidad, PD7b).

3. Respecto a aquellos parámetros (Demanda Química de Oxígeno (DQO) y nitrógeno total) que no presentan límites de referencia en la NSCA, en general, se tienen los siguientes resultados para los puntos de monitoreo: la DQO en aguas no contaminadas tiene valores de 1 a 5 ppm., en el punto PD3 el valor fue de 6 ppm., en el punto PD7 antes de la descarga y después de la descarga los valores de DQO son de 10 y 26 ppm. respectivamente, lo que indica la presumible existencia de una descarga de tipo industrial. Las concentraciones de nitrógeno total indican posibles descargas de origen orgánico, se evidencia aumentos de dichas concentraciones en los puntos PD1, PD2, PD4, PD5. Estos parámetros se incluyen en las mediciones tomando en cuenta los usos de suelos de la cuenca.
4. Respecto a los trabajos realizados por ANAM en sus informes de Monitoreo de la Calidad de Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá (2005 y 2006) y el Diseño de la Red de Monitoreo de los ríos Caimitillo y Chiriquí (2007), comparado con los resultados obtenidos por el estudio, cabe resaltar que a nivel nacional se realiza por primera vez un Mapa Piloto de Calidad del Agua que contenga la información de las estaciones de muestreo establecidas en la cuenca.
5. Por otra parte se coinciden con 7 parámetros de calidad del agua, importantes para la determinación de ICA y se adiciona el análisis de las NSCA, basada en colores que permiten identificar en el mapa que puntos de la cuencas se encuentran en Calidad excepcional, Clase 1, Clase 2 y Clase 3, lo que permite de esta forma utilizar el principio causa-efecto; de las actividades que se realizan en la cuenca y que repercuten en su calidad, y sugerir entonces medidas de prevención de la contaminación y control , en los puntos que se requiera.

## **V. AGRADECIMIENTOS**

Para enfrentar el enorme reto de armar un estudio de esta magnitud, agradecemos al Proyecto I+D 147, financiado por SENACYT y con el apoyo de la Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Civil. Por último, lo más importante: nuestro profesor asesor la Dra. Viccelda Domínguez Lecky, quien con su compromiso total, su capacidad de organización y su sensibilidad, nos guió para llegar a la meta.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Se logra elaborar el primer mapa piloto de calidad del agua en Panamá, que contiene la información de las estaciones de muestreo establecidas en la cuenca incorporadas al Sistema de Información Geográfico (SIG).
2. Se inicia el Programa de Monitoreo de la Calidad del agua del río David, teniéndose los primeros resultados que demuestran que en algunos de los puntos muestreados se evidencia la alteración de las condiciones naturales del río. Esto se logró mediante medidas cuantitativas, como parámetros fisicoquímicos del agua y Análisis bioquímicos/biológicos.

## **VI. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.**

1. INN-Chile, 1999. Calidad del agua - Muestreo - Parte 3: Guía sobre preservación y manejo de las muestras. Norma Chilena Oficial NCh411/3.Of96, Instituto Nacional de Normalización, Chile. 40 pp.
2. Autoridad Nacional del Ambiente (2007). Diseño de la red de monitoreo de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas del río Caimito y el río Chiriquí. Panamá.
3. Autoridad Nacional del Ambiente (2005 y 2006). I y II Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua (2003-2004) y (2004-2005). Panamá.

### **Anexo 3.**

## **DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO Y SANITARIO DE LA CUENCA DEL RÍO DAVID.**

### **4. Antecedentes**

El Análisis Socioeconómico consiste en la identificación de responsabilidades, necesidades y prioridades de distintos grupos de la población. Teniendo en cuenta algunas variables como edad, situación económica, religión, etnia, raza y posición geográfica. Se ocupa de los roles y las relaciones entre hombres y mujeres, a fin de comprender mejor su realidad y recomendaciones; para mejorar sus condiciones de vida; y que se vea reflejado en la mejora de la calidad ambiental de la cuenca.

Toma en consideración aspectos sociales, culturales, económicos, demográficos, políticos, institucionales y ambientales; ya sea:

- Examinando las conexiones que existen entre estos distintos aspectos;
- Analizando dichas conexiones en tres niveles:
  - Macro (programas y políticas),
  - Intermedio (instituciones)
  - De campo (comunidades, familias e individuos) (FAO, 1993).

El aspecto ha considerar en la elaboración de la investigación; trata del nivel tres o de campo; que representa básicamente la interacción comunidad, familia, individuo; en donde el análisis nos permite identificar de forma objetiva las prioridades, situaciones, necesidades etc., en que la población de las 25 comunidades estudiadas que involucran los distritos de David y Dolega se encuentren en la actualidad.

Los distritos de David y Dolega, según el estudio de desarrollo sostenible realizado por el BID los ubican en la subregión central de la provincia de Chiriquí.

En la Subregión central (distritos de David y Dolega), la actividad económica principal es el comercio y desarrollo urbano.

Esta zona comprende un gran sector empresarial, el cual incide específicamente en el sector comercial, involucrado en el apoyo y aprovechamiento de las actividades agropecuarias; en donde inciden importantes agroindustrias, incluyendo también la prestación de servicios financieros y técnicos.

La ciudad de David representa la cabecera de provincia cuenta con 124280 habitantes y una densidad de 142.9 habitantes/ Km<sup>2</sup> cifra que refleja el aumento en el área metropolitana. Los índices de pobreza nos indican que en Dolega se sitúa el 28% de pobreza (7% de pobreza extrema) y David posee un índice de 22% de pobreza (5% de pobreza extrema) (CONADES, 2006).

David cuenta también con todas las sedes provinciales de las instituciones del gobierno así como la representación de diversos organismos no gubernamentales (BID, 2006). Se encuentra en esta zona una de las más importantes empresas procesadoras de pollo del país, una procesadora de cítricos (naranja, maracuyá, limón, piña) y minerales no metálicos ubicados específicamente en el corregimiento de Potrerillo; comunidad que pertenece al distrito de Dolega.

El medio rural se caracteriza por tener productores de ganado vacuno, arroz, aves (pollos) y naranja (BID, 2006).

La principal característica es el crecimiento urbano desordenado y con pocos espacios recreativos de la ciudad de David, el cual genera condiciones que dificultan la prestación de servicios. Asimismo, muchos de los desplazados por el abandono de las zonas bananeras han emigrado hacia David contribuyendo a los problemas de servicios, desempleo y seguridad (CONADES, 2006).

En términos generales David es la zona con el mejor nivel de vida e ingreso familiar de la cuenca, pero a pesar de ello, comienza a reflejar procesos de deterioro en su espacio urbano y en el interland rural, producto de creciente procesos de migración de la población que se localiza en asentamientos urbanos espontáneos (BID, 2006).

Existe gran preocupación por la declinación de la actividad productiva agropecuaria y el impacto que el fenómeno está produciendo en la ciudad; ya que el desarrollo alcanzado en las actividades comerciales y de servicios está vinculado directamente con la productividad agrícola de la región (CONADES, 2006).

De acuerdo al análisis de la información de Nessim y Chibbaro (2006); los principales problemas que caracterizan a la zona se relacionan con el ordenamiento urbano, falta de espacios recreativos, creciente población marginal, gestión de los residuos sólidos, líquidos, la contaminación de aguas en ríos y quebrada, siendo los problemas fundamentales de la zona el crecimiento urbano desordenado, el manejo de las aguas servidas y la disposición del agua potable para ambos distritos.

El Diagnóstico Socio Económico no se limita a precisar la situación en que se encuentra la población y las dinámicas productivas de la cuenca; sino que estudia sus potencialidades sociales, culturales y de desarrollo. Además incluye propuestas de actuación para destrabar los nudos que impiden su avance social y productivo con el objeto de alcanzar el desarrollo sostenible. En donde a través de los documentos del trabajo de campo se hallan los resultados de entrevistas y encuestas de los hogares a los que se les realizan (Nessim, 2006).

Los métodos empleados en la ejecución de la investigación, van ligado al nivel que se quiere analizar, y que básicamente trata de las conexiones entre comunidades, población e individuo; el cual se ubica en el nivel de campo (FAO, 1993).

La exactitud de los métodos y las herramientas utilizadas generan resultados productivos, pues la utilidad de estas herramientas en investigaciones de este y otros temas han proporcionado la confianza necesaria para seguir implementando estos métodos en diversos estudios. Ejemplo:

Estudio sobre el concepto de muestreo y tipos de muestreo existentes, para el cálculo del tamaño muestral en Auditorias de Historias Clínicas (Valledor, Carreira, 2005) y Proyecto de desarrollo rural sostenible en las provincias de Coclé, Colón y Panamá (Daly, 2002).

#### **4.1. Objetivos**

- Determinar a través de datos obtenidos en la Contraloría General de la República de Panamá; los distritos con sus cabeceras y corregimientos que se encuentren en la cuenca del Río David.
- Realizar el conteo y Digitalización de las viviendas con su respectiva ubicación en las comunidades y sitios poblados que integran la cuenca.
- Determinar a través de cálculos estadísticos, específicamente el muestreo aleatorio de población, las viviendas a censar, y por tanto la cantidad de población a la cual se dirigirá la encuesta.
- Elaborar, aplicar y analizar una encuesta en las partes alta, media y baja de la cuenca, en las viviendas escogidas por el método aleatorio de muestreo de población.

#### **4.2. Metodología**

##### **4.2.1. Metodología para la ubicación y conteo total de casas que conforman la cuenca del Río David.**

La ubicación e identificación de los lugares que integran el área de la cuenca del Río David se desprende del mapa provincial (Chiriquí), el cual se obtiene en el departamento de Cartografía de la Contraloría General de la República; a escala de 1:250,000.

A partir de la obtención de esta carta topográfica, se escanea y georeferencian los puntos extremos del área que integra la Cuenca del Río David; y de esta forma se obtiene una representación del mundo real, sobre el cual se trabaja la población muestral.

Anteriormente a esta localización ya se había determinado a través del modelo SWAT el área de la cuenca del Río David. La cual se ha ajustado de acuerdo a las principales unidades de respuesta hidrológicas que se agrupan en la cuenca, y el movimiento de agua que se dan en las mismas; con respecto al cambio de elevaciones que tiene el área de estudio.

Seguidamente se logran plasmar las comunidades que estaban presentes en el área de la cuenca, y se inicia la delimitación georeferenciada de estas comunidades.

Las imágenes satelitales provenientes del programa Google Earth ([www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)); se utiliza para identificar y ubicar de forma las familias (casas), que cada comunidad posee; de esta manera se inicia el conteo de viviendas por comunidad; enumerando cada una de las viviendas y tomando sus respectivas coordenadas en grados y añadiendo estas coordenadas en el programa ArcView 3.2 en coordenadas UTM.

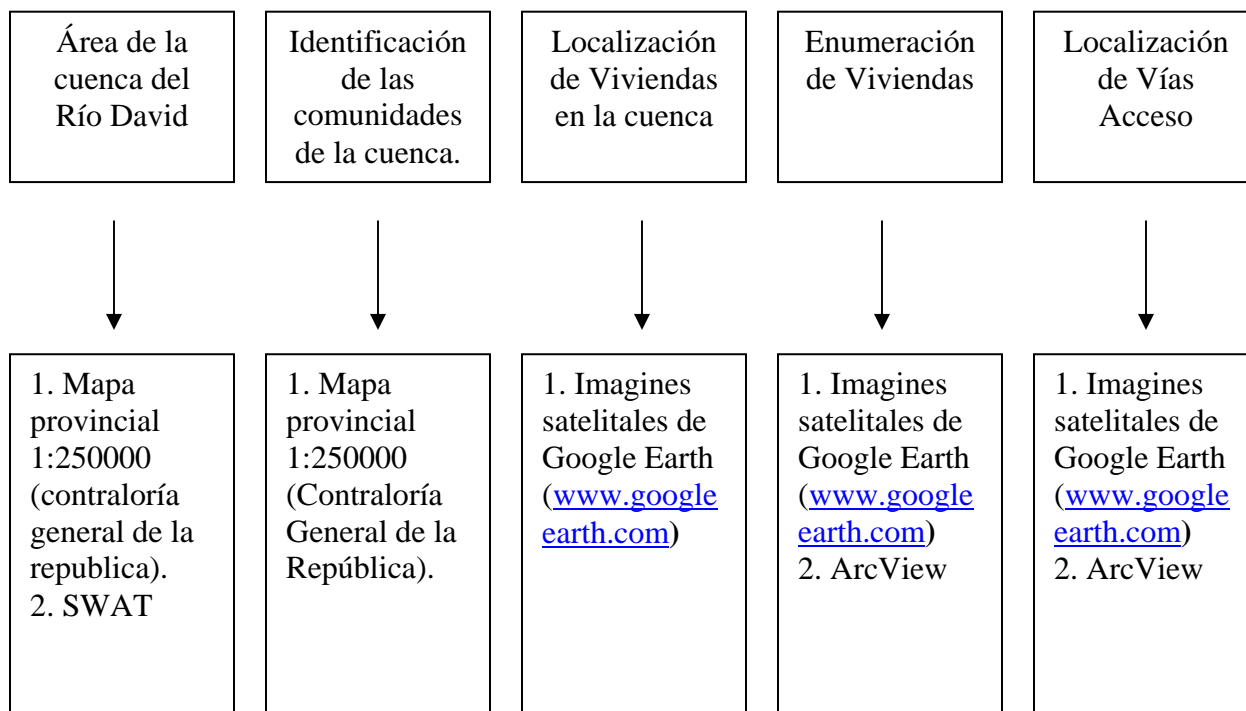
Lo que se quiere lograr a través de estos dos programas y su interacción; es llevar los punto de referencia del plano satelital a el mundo real en coordenadas UTM.

Para la transformación de las coordenadas en Grados a UTM se utilizó el programa GEOPosCalc ([www.geoposcalc.com](http://www.geoposcalc.com)), el cual realiza conversiones de coordenada ya sea de grados a UTM o viceversa.

Es importante señalar que este programa posee diversas posiciones de origen en los diferentes continentes. La posición de origen que se utilizó fue North American 1927 (NAS-O) – Zona del Canal; el cual indicaba el elipsoide de Clarke 1866 para la zona de Panamá, lo que da más confiabilidad a los puntos que se georeferenciaron.

Los datos introducidos en el programa ArcView, proporciona la ubicación correcta en el área de influencia del Río David; y a la vez nos muestra el recorrido, rutas de acceso con las que cuentan las comunidades.





**Figura 4.1** Diagrama de flujo Cuadro Específico de la Información Obtenida y sus Fuentes.

El Diagrama de Flujo 4.1 muestra la metodología utilizada para la localización del área de la cuenca del Río David, ubicación y conteo de sus casas y vías de acceso, así como la determinación de las comunidades que integran la cuenca del Río David.

#### 4.2.2. Procedimiento de Muestreo.

La importancia del muestreo radica en que no es necesario trabajar con los elementos de una población; sino que se puede obtener a partir de una muestra representativa. Las muestras tienen un fundamento matemático estadístico. Este consiste en que una vez obtenidos y determinados los resultados de una muestra en proporciones adecuadas, se puede hacer la generalización fundada matemáticamente de que dichos resultados son válidos para la población de la que se ha extraído la muestra (Domínguez et al., 2005).

Conociendo el universo o valor total de viviendas se utiliza el método para poblaciones finitas. (Valledor, 2005) El cual se deduce a partir de la siguiente ecuación:

$$n = Z_{\alpha}^2 \times \frac{N \cdot p \cdot q}{i^2(N-1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \quad (4.1)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

p = prevalencia esperada del parámetro a evaluar. En caso de desconocerse, aplicar la opción más desfavorable (p=0,5), que hace mayor el tamaño muestral.

q = 1-p (Si p=50%, q=50%)

e = Error que se prevé cometer. (2.45%)

N = número total de familias a encuestar. (6470)

Z = Valor correspondiente a la distribución de Gauss 1.96 para  $\alpha = 0.05$ , con una confiabilidad de 95%.

Para estimar la muestra de cada comunidad, se realiza la estratificación, a través de una razón de muestra.

La razón de muestra es la del 20%; que equivale al valor mínimo que debe tener una muestra para considerarse significativa (Domínguez et al., 2006).

Luego se utiliza el muestreo de selección aleatoria; el cual escoge el azar como instrumento de selección. Lo cual proporciona la probabilidad de que cada elemento sea incluido en la muestra. A continuación se define con más detalle el método

**Tabla 4.1.** Definiciones del método de muestreo

	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>INCONVENIENTES</b>
<b>Aleatorio simple</b>	Se selecciona una muestra de tamaño $n$ de una población de $N$ unidades, cada elemento tiene una probabilidad de inclusión igual y conocida de $n/N$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sencillo y de fácil comprensión.</li> <li>■ Cálculo rápido de medias y varianzas.</li> <li>■ Se basa en la teoría estadística, y por tanto existen paquetes informáticos para analizar los datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Requiere que se posea de antemano un listado completo de toda la población.</li> <li>■ Cuando se trabaja con muestras pequeñas es posible que no represente a la población adecuadamente.</li> </ul>

Fuente: Valledor (2005)

Este tipo de muestreo alcanza mayor rigor científico (Domínguez et al., 2006), porque cumple el principio de equiprobabilidad en el que todo los elementos de la población tienen la misma probabilidad de salir elegidos en una muestra.

A partir de este principio se obtienen las casas específicas que se encuestarán y donde éstas sean obligatoriamente una muestra representativa del total de viviendas en una comunidad.

Para el desarrollo de este muestreo de viviendas a encuestar se utilizó el Programa Microsoft Excel como herramienta principal para el análisis del muestreo aleatorio simple, ya que en su configuración existen diversos métodos para análisis de datos; ya sean financieros, matemáticos, estadísticos o como es para este caso el de muestreo específicamente muestreo aleatorio. (Tabla 4.3)

Cabe destacar que todas las viviendas se enumeraron a medida que el conteo de estas se realizaba; y por tanto se obtuvieron las casas a encuestar con su respectivo número y para cada comunidad; lo cual permite registrar las viviendas por número en formato "shape" al programa ArcView.

#### **4.2.3. Procedimiento para la confección de la Encuesta Socioeconómica.**

La encuesta confeccionada se denominó: Análisis sanitario y agropecuario sobre la cuenca del río David; enfocada a todos los estratos sociales que conforman la cuenca, además incluye todos los aspectos sociales, salud, infraestructura, sanitario y agropecuario; en las que se pueden encontrar las comunidades que integran el área de la cuenca.

Antes de realizar la gira a campo y efectuar la encuesta; se procedió a realizar una prueba piloto de la misma; en la provincia de Veraguas distrito de Santiago, Comunidad de La Colorada; con el fin de determinar el tiempo que demora la encuesta en efectuarse. La cual implicó como resultado un tiempo promedio de 7 minutos; pues como la encuesta esta dirigida a todo tipo de personas; los tiempos variaban al realizar la encuesta; ya que habían personas que

conocían sobre las diferentes preguntas que se les efectuaba y otras se tardaban en contestar debido al poco conocimiento de las preguntas que se realizaban, y por lo tanto solicitaban aclaraciones acerca de la encuesta y sus diversas interrogantes.

Los tiempos que se tomaron para las personas conocedoras y no conocedoras fue el siguiente:

- Personas conocedoras del tema (5 min.)
- Personas no conocedoras del tema (8 min.)

De este plan piloto con los tiempos tomados se deduce el tiempo promedio que se necesita para efectuar las encuestas por vivienda (Anexo 1.).

#### **4.2.4. Procedimiento para la Elaboración de la Encuesta en Campo.**

El muestreo es una herramienta de la investigación científica. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

El muestreo que se realiza es el muestreo aleatorio simple; el cual otorga una probabilidad conocida de integrar la muestra a cada elemento de la población, y dicha probabilidad no es nula para ningún elemento.

La cantidad de viviendas obtenidas en cada comunidad se logra determinar a través de la razón muestral del 20%.

##### **4.2.4.1. Determinación de longitudes, tiempos, personas y viviendas a encuestar.**

Mediante ArcView y sus diversas herramientas, se calcula a partir de puntos específicos ubicados en cada comunidad (que son en su totalidad 25) y según la cantidad de viviendas, las longitudes totales por corregimiento. Las longitudes se presentan en kilómetros (Km); desde el punto de partida, la distancia que se toma entre una vivienda a otra y el recorrido final hasta el punto específico.

Se ha considerado que una persona es capaz de recorrer un kilómetro en 15 minutos, por tanto una persona es capaz de encuestar un mínimo de 25 viviendas por día, tomando en consideración el tiempo de desarrollo de la encuesta; que según la encuesta piloto realizada en la comunidad de La Colorada provincia de Veraguas; se logra realizar en 7 minutos; incluyendo la hora de almuerzo para la persona encuestadora.

Con respecto a las longitudes y cantidad de casas que se tienen en algunas comunidades; se considera la separación de los corregimientos en diferentes partes a través del diseño de polígonos en el programa ArcView; distribuyendo la cantidad de viviendas de forma equitativa y obteniendo la cantidad a través del muestreo aleatorio simple, utilizando como herramienta principal el programa Microsoft Excel.

Al tener estos criterios descritos se procede a obtener el tiempo total en el que una persona puede durar en realizar la encuesta; multiplicando los 15 min. por la longitud total y los 7 min. por la cantidad de viviendas que se encuentren en una comunidad, así como la hora de almuerzo que se le da a una persona en un día laboral.

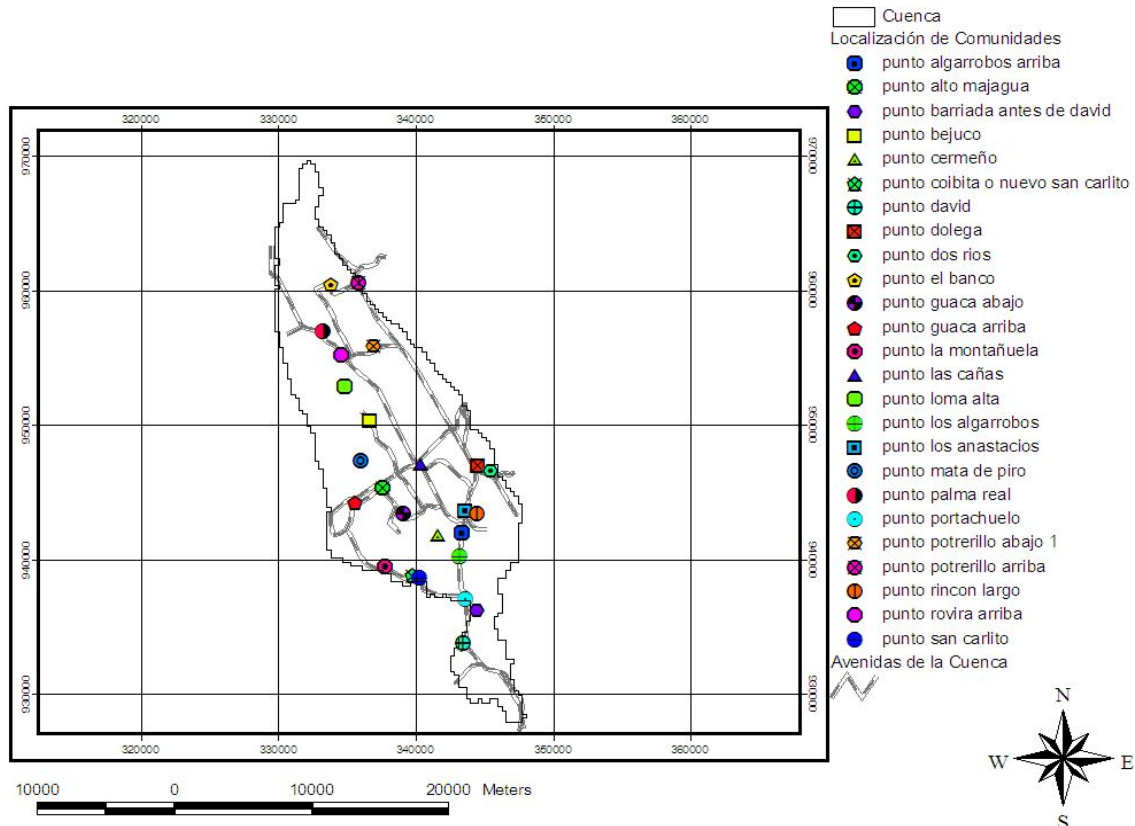
Según el área (rural, urbano), su distancia, cantidad de viviendas y el tiempo de recorrido se obtiene la cantidad de personas que se necesitan al momento de aplicar la encuesta.

### 4.3. Resultados y Discusión

#### 4.3.1. Información de Ubicación y Conteo Total de Viviendas

Es a través de la carta topográfica obtenida en la Contraloría General de la República, que especifica el área de la provincia de Chiriquí en donde se logra determinar las comunidades que se encuentran en el área de la cuenca, las cuales son 25 en su totalidad, y que involucran a los distritos de Dolega y David.

La Figura 4.2 identifica a cada una de estas comunidades en puntos de referencia.

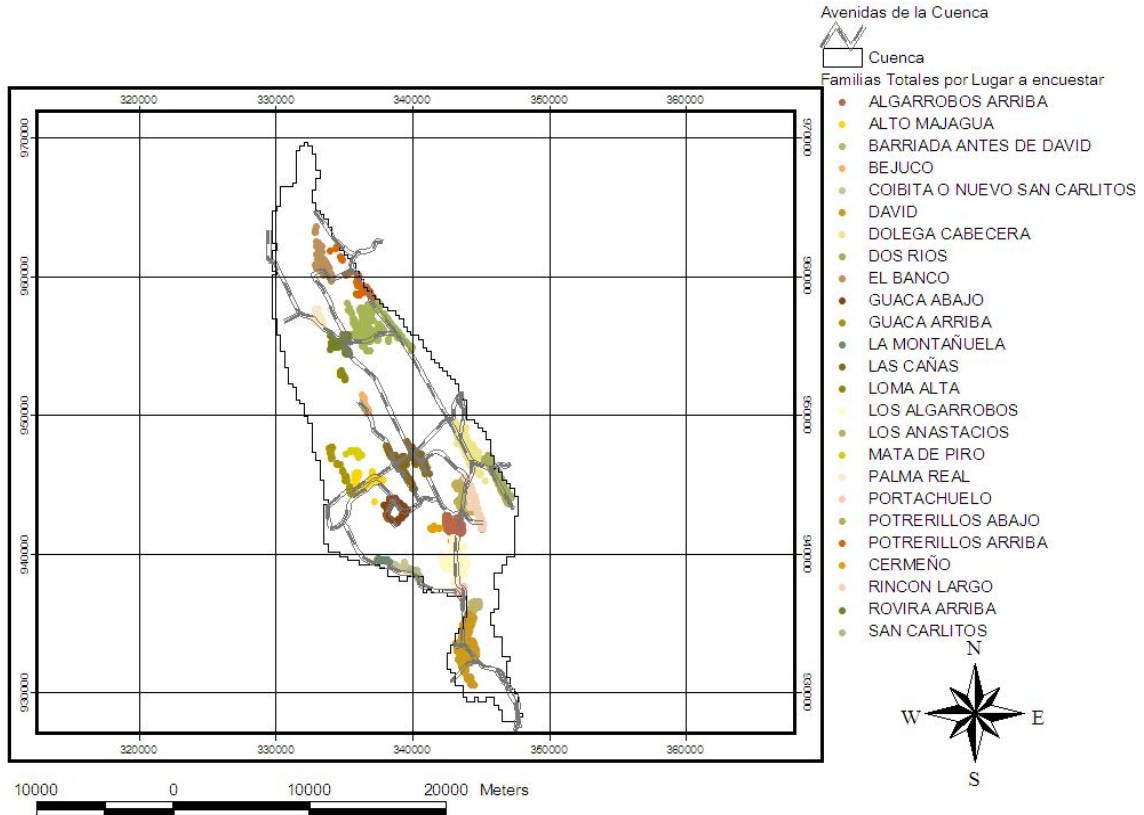


**Figura 4.2.** Puntos de Referencia por Comunidad.

La Figura 4.2 indica a través de puntos de diferentes tonalidades de colores la ubicación de cada una de las comunidades que integran la cuenca. Se logra observar en la figura que el área media de la cuenca contiene la mayor cantidad de poblados, los cuales pertenecen en su mayoría al Distrito de Dolega. El Distrito de David por su parte cubre la parte baja de la cuenca, la cual posee una cantidad de cinco comunidades, en donde se incluye a David como cabecera del Distrito lo cual es indicativo de que esta área es menor en comparación con el Distrito de Dolega, según la delimitación de la cuenca.

Luego de obtener los puntos específicos de cada comunidad, se lleva a cabo a la georeferenciación y el conteo de viviendas para cada comunidad; involucrando a el programa Google Earth como herramienta básica para ubicar en cada poblado la cantidad y localización de las familias. Cada comunidad esta representada según la cantidad de viviendas por un color específico.

En la Figura 4.3 que a continuación se presenta, se detallan la ubicación y por tanto las viviendas que integran cada corregimiento.



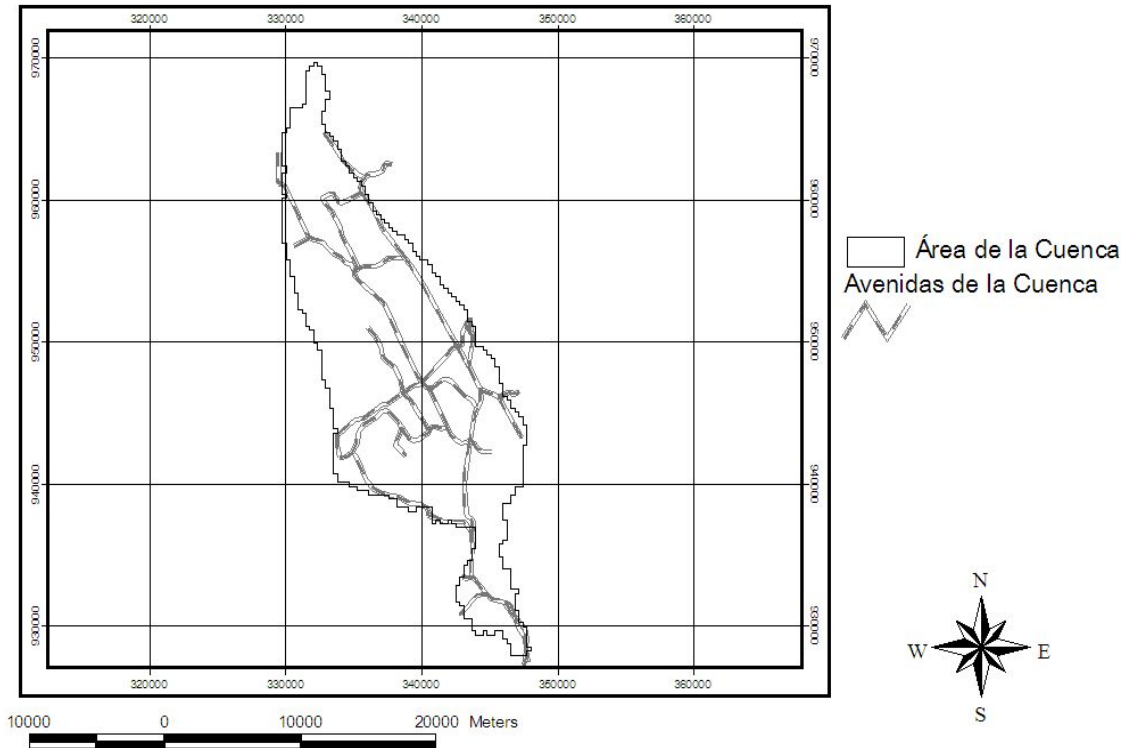
**Figura. 4.3.** Total de Viviendas por Comunidad

La Figura 4.3 muestra la ubicación de las comunidades, las cuales son 25 que integran la cuenca, así como el total de viviendas por comunidad las cuales en total son 6470 viviendas. Siendo las de mayor cantidad de familias; David y Los Algarrobos, sufriendo graves problemas de ordenamiento territorial, localizadas en la parte baja de la cuenca; mientras que en la parte media de la cuenca encontramos comunidades que contiene un número menor de familias tal como el corregimiento de cermeño. Las comunidades ubicadas en la parte alta de la cuenca poseen en su gran mayoría un número que esta entre los 50 y 300 casas por comunidad.

Por su parte el Distrito de David contiene alrededor de 124280 habitantes; sin embargo, la delimitación realizada por el programa ArcView nos brinda una población menor siendo aproximadamente de 1301 habitantes; es importante resaltar, en esta área es donde la problemática de el manejo de las aguas residuales y las infraestructuras se presentan en condiciones deplorables.

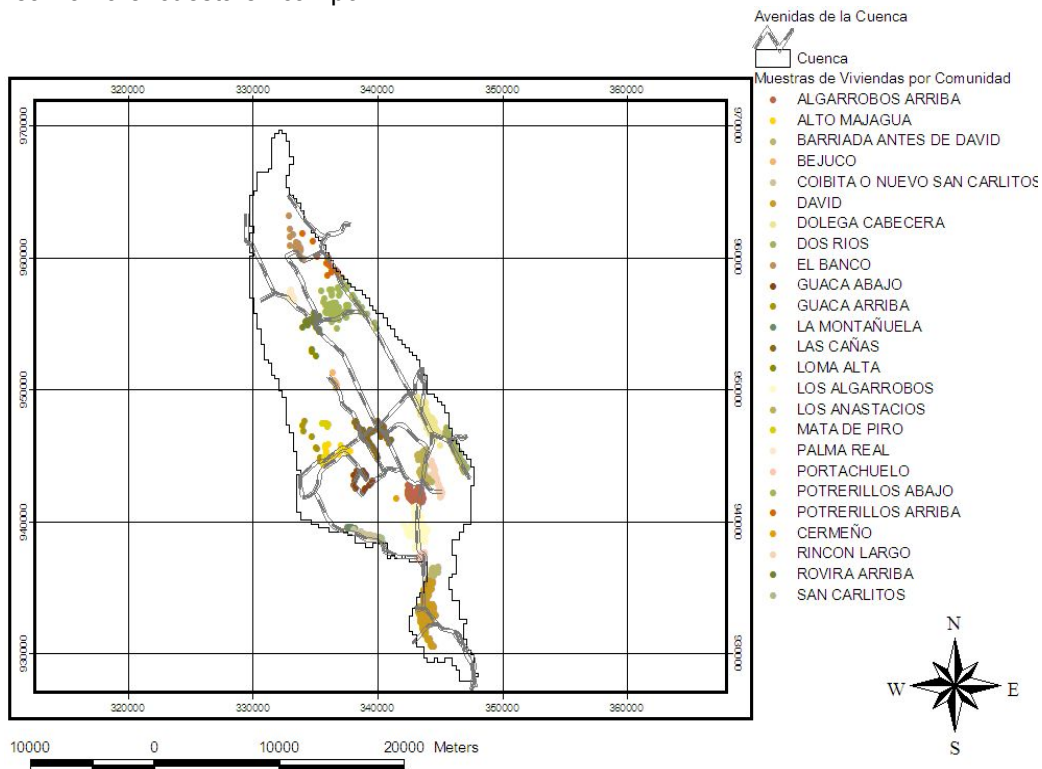
Las diferentes vías de acceso nos señalan las condiciones en las que pueden estar las comunidades con referente a la elaboración de la encuesta, pues un área en donde existe un camino rural, las dificultades de transporte y recorrido son mayores y por tanto el equipo de trabajo a la hora de realizar la labor en campo debe prepararse y adecuarse a las situaciones que se puedan presentarse.

La Figura 4.4 indica las diferentes vías de acceso que se encuentran en las diversas regiones que integran en la cuenca.



**Figura. 4.4.** Rutas de acceso

La Figura. 4.4 muestra las diferentes calles o rutas de acceso que se encuentran en la cuenca del Río David, además de que nos proporciona la información necesaria a la hora de realizar la encuesta en campo.



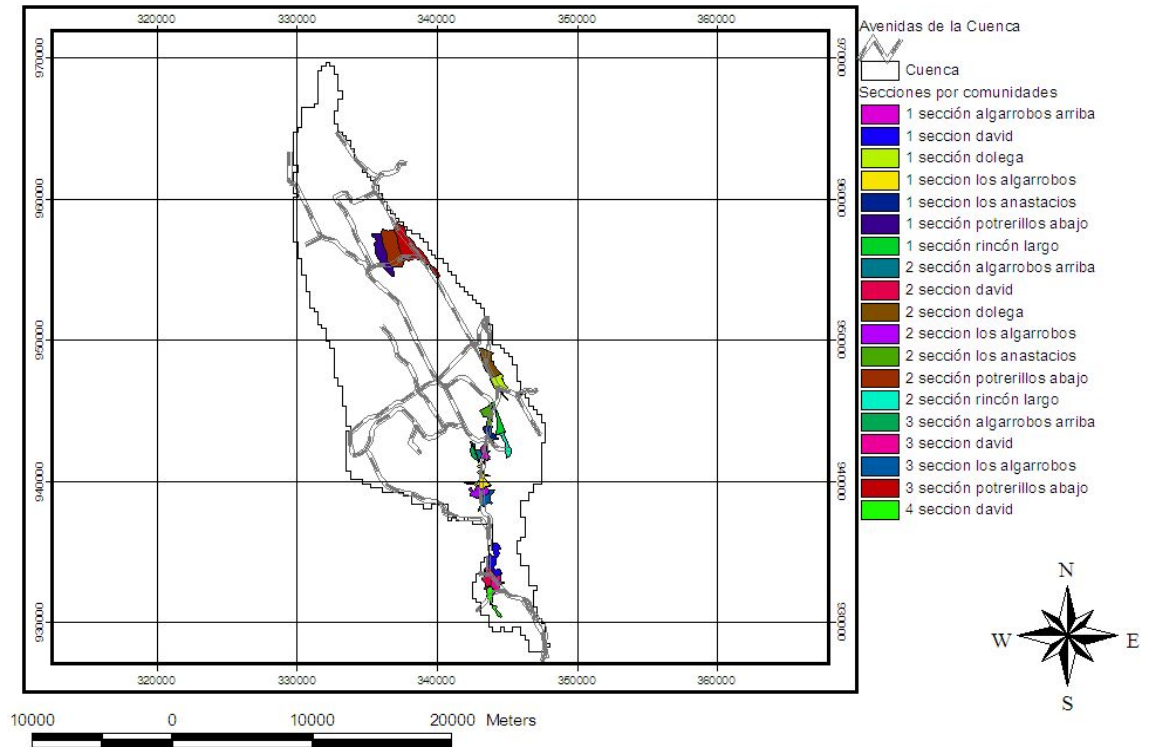
**Figura 4.5.** Viviendas a Encuestar

La Figura 4.5 indica el total de viviendas a encuestar, luego de aplicar métodos probabilísticos que simplifican las cantidades reales de viviendas que cada comunidad posee. Siendo Los Algarrobos la que presenta la mayor cantidad de familias a encuestar y cermeño la de menor cantidad. Para desarrollar la encuesta se necesita un número considerable de personas y esto depende también del tamaño del área que representa cada comunidad.

Seis de las 25 comunidades que se localizan en la cuenca del río David contienen un número considerable de viviendas como son: Los Algarrobos (338), David (260), Dolega (152), Los Anastacios (84), Potrerillo Abajo (72), Rincón Largo (48).

Debido a esta razón se inicia a seccionar estos poblados de gran magnitud en tamaño y familias.

Es la Figura 4.6 se muestra el detalle de las comunidades que se seccionaron por los motivos antes mencionados.

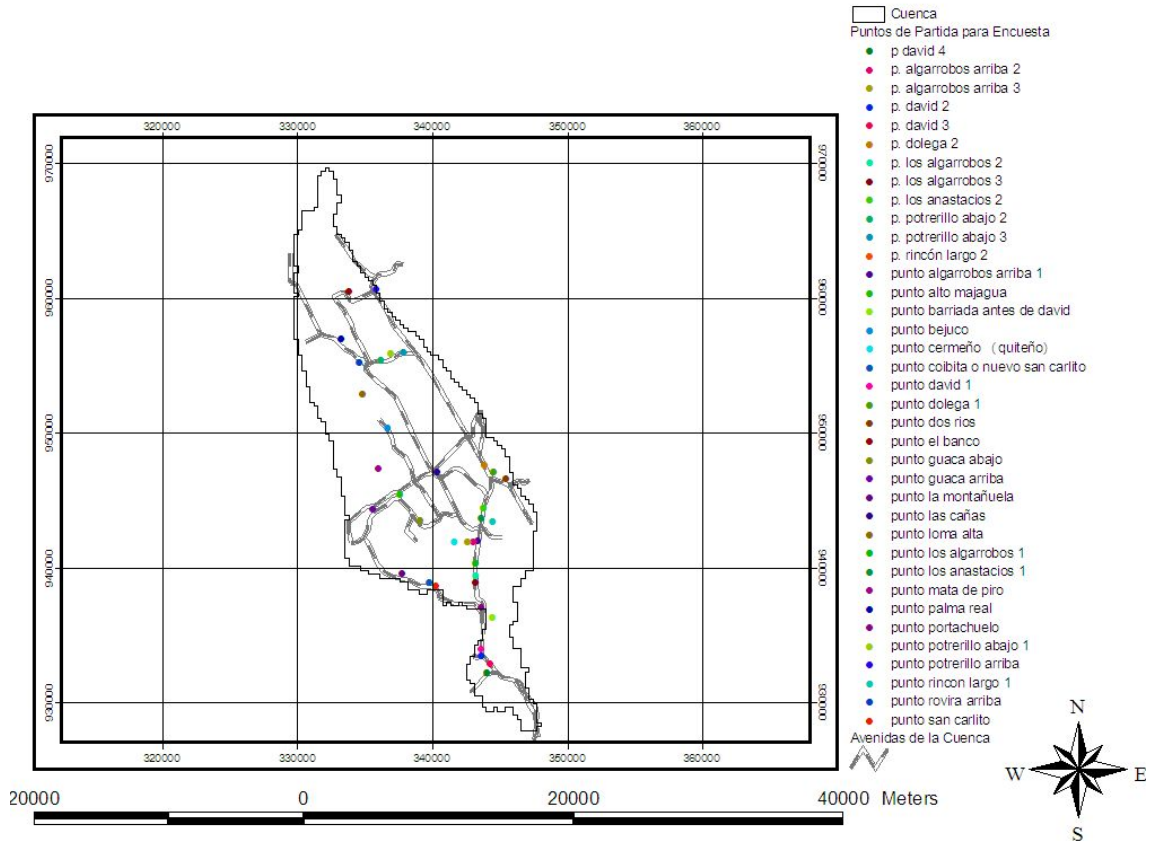


**Figura 4.6. Comunidades Seccionadas**

La Figura 4.6 muestra las 6 comunidades seccionadas y el área que estas comprenden. La herramienta utilizada es el programa ArcView, el cual facilita la delimitación de las secciones a través de polígonos; los cuales facilitan el desarrollo de la encuesta en campo.

La ubicación de puntos estratégicos en las diversas comunidades facilita el desarrollo de trabajo en equipo; además la toma de tiempos para realizar la encuesta lo cual es importante y necesario.

Los puntos de partidas se ubican en la Figura 4.7



La Figura 4.7 señala los puntos específicos y estratégicos en donde cada equipo de trabajo se ubica, para iniciar desde allí el tiempo y la distancia total recorrida por cada persona. Las comunidades y sus secciones también poseen su punto de referencia, ya que el tiempo y el número de personas es importante determinarlo en este tipo de diagnósticos socioeconómicos que se realizan a nivel de campo.

#### 4.3.2. Información de Muestreo

El tamaño de la muestra requerida acerca del universo (viviendas totales) se logra obtener a través del método para población finita el cual establece el valor mínimo para realizar el muestreo.

$$n \geq 1282 \quad \text{familias o viviendas}$$

Se deben entrevistar como mínimo un total de 1282 familias.

A través de la razón muestral del 20% se logra obtener la estratificación de la muestra por comunidad. Esto se detalla en la Tabla 4.2

**Tabla. 4.2.** Nombre de las comunidades y tamaño de la muestra

Comunidades	Nº de Viviendas	Tamaño de la muestra
Las perlas	161	32
Portachuelo	130	26
Guaca Abajo	83	16
Potreriillo Arriba	76	15
El Banco	117	23
Palma Real	74	14
Rovira Arriba	108	21
Potreriillo Abajo	363	72
Dolega Cabecera	763	152
Dos Ríos	214	42



Rincón Largo	241	48
Los Anastacios	423	84
Algarrobos Arriba	40	8
Alto Majagua	126	25
Guaca Arriba	43	8
Mata de Piro	26	5
Loma Alta	13	2
Bejuco	30	6
Cermeño	11	2
La Montañuela	37	7
Coibita	93	18
San Carlitos	76	15
David	1301	260
Las Cañas	231	46
Los Algarrobos	1690	338
<b>Viviendas totales</b>	<b>6470</b>	<b>1285</b>

La Tabla. 4.2 muestra las comunidades localizadas en la cuenca, el número total de casas y la cantidad de viviendas que se obtienen a través de la razón muestral del 20%.

Se logra observar que el total de viviendas de la muestra según el método utilizado incluye 3 familias más que las establecidas según el método de población finita; sin embargo, el valor mínimo de familias a encuestar debe ser de 1282; existiendo un error de 0.05%.

#### **4.3.3. Información de longitudes, tiempos, personas y viviendas en el desarrollo de las encuestas**

La cantidad de personas necesarias en la elaboración de la encuesta, así como las longitudes o recorridos realizados, además del tiempo necesario para desarrollar la encuesta y las viviendas a encuestar en campo es presentada en la Tabla 4.3

**Tabla 4.3.** Valores de longitudes de cada comunidad, tiempos y personas para el desarrollo de la encuesta

Descripción	X_UTM	Y_UTM	Longitud (Km)	Tiempo (hr)	Personas	Nº de Viviendas
El Banco	333782.46	960449.14	9.51	6	1	22
Potreriillo Arriba	335779.78	960596.97	10.66	5	2	14
Palma Real	333203.31	956954.12	2.53	3	1	14
Potreriillo Abajo 1	336899.60	955843.84	10.21	7	2	31
Potreriillo Abajo 2	336172.21	955347.14	7.57	5	1	22
Potreriillo Abajo 3	337838.86	955922.53	9.71	6	1	19
Rovira Arriba	334558.29	955190.72	6.09	5	2	21
Loma Alta	334820.67	952874.44	1.21	2	1	3
Bejuco	336638.62	950360.43	2.46	2.5	1	6
Mata de Piro o Nance	335961.15	947310.90	1.407	2	1	5
Las Cañas	340331.36	947085.92	13.00	10	2	46
Alto Majagua	337596.96	945370.58	8.64	6	2	25
Guaca Arriba	335534.14	944279.43	7.43	4	1	8
Guaca Abajo	339057.73	943440.24	7.11	5	2	16
Dolega 1	344527.34	947052.48	9.19	13	2	84
Dolega 2	343802.18	947569.96	10.32	11	2	67
Dos Ríos	345414.54	946594.62	10.88	9	2	42
Los Anastacios 1	343599.91	943645.67	5.46	7	1	43
Los Anastacios 2	343774.97	944409.90	6.09	7	1	41
Rincón Largo 1	344446.45	943422.01	5.35	5	1	23
Rincón Largo 2	344446.45	943422.01	4.37	5	1	25
Cermeño	341606.44	941841.34	0.25	0.45	1	2
Algarrobos Arriba	343382.22	941993.58	5.66	4	1	8
La Montañuela	337727.49	939506.95	1.666	2	1	7
Coibita o nuevo San Carlito	339739.48	938836.16	4.00	4	1	17
San Carlito	340231.03	938611.00	2.12	3	1	15
Los Algarrobos 1	342612.55	941842.79	5.20	10	2	84
Los Algarrobos 2	343154.78	940270.56	8.25	10	2	85
Los Algarrobos 3	343158.87	939408.32	6.84	10	2	85
Los Algarrobos 4	343178.44	938893.17	7.10	10	2	84
Portachuelo	343603.27	937058.36	3.04	5	2	26
Las Perlas	344401.07	936262.03	3.70	6	2	32
David 1	343620.01	933931.96	11.05	11	2	65
David 2	343624.30	933408.75	7.71	11	2	68
David 3	344233.27	932881.26	5.83	10	2	66
David 4	344031.71	932182.23	6.84	10	2	61
<b>Valores totales</b>			228.58	231.95	55	1282

La Tabla 4.3 contiene los valores obtenidos a través de la metodología empleada y descrita anteriormente. Donde se representa las coordenadas, longitudes, tiempos y personas que se necesitan para realizar la encuesta en campo. Además se obtiene a través del muestreo aleatorio simple, utilizando como herramienta principal el Programa Microsoft Excel, la muestra por comunidad y el total de viviendas a encuestar en la cuenca. Comprobando que el método aleatorio simple y el de población finita coinciden con respecto a la cantidad de familias a entrevistar en la cuenca; representando el valor mínimo requerido para realizar la encuesta.

Los nombres de las comunidades que tienen números (David 1) representan las secciones en las que se han dividido estos corregimientos, debido a la cantidad de viviendas, longitudes y el tiempo que se toma para realizar la encuesta.

La totalidad de personas como se observa en la tabla 4.3.2 es de 55 encuestadores; sin embargo, esto se refiere a 55 personas/día; sí se considera la realización de la encuesta en tres días, serían 19 personas las que se necesitarían para llevar a cabo la encuesta en las 25

comunidades. Las horas promedio en las que se pueden llevar a cabo el desarrollo de la encuesta es de 7 horas aproximadamente, para cada comunidad y por un solo encuestador.

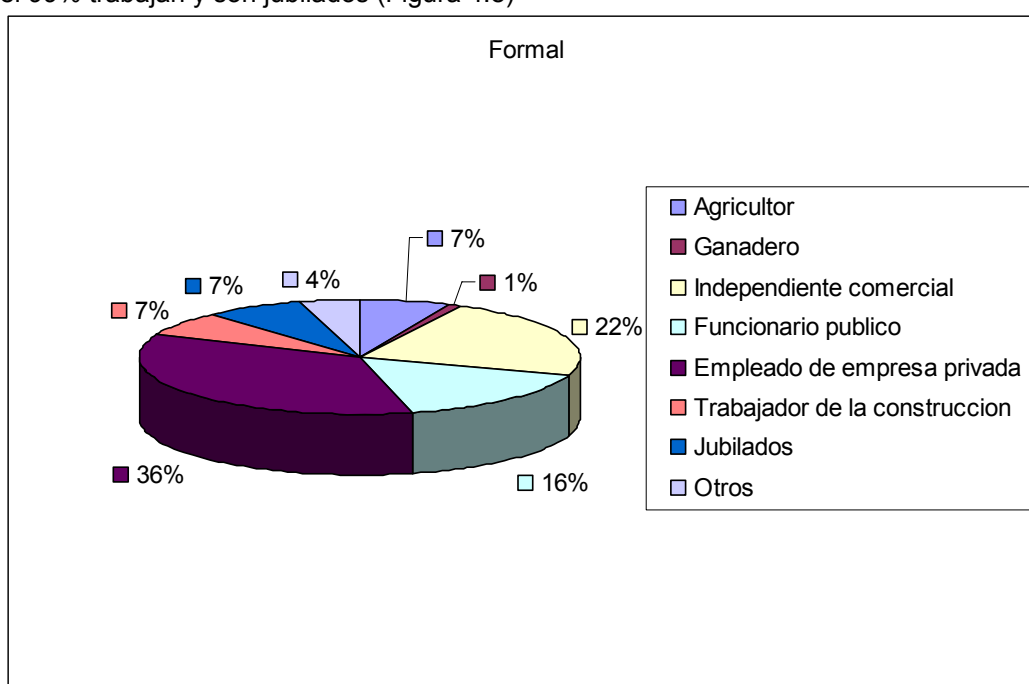
#### 4.3.4. Información Socioeconómica

La población total correspondiente al análisis y recopilación de datos, obtenidos de la implementación de encuestas en la cuenca nos reflejó una totalidad de familias de 1182; lo que difiere al valor tomado según los métodos de muestreo aleatorio simple y población finita (1282). Donde el porcentaje de error equivale a 1.55%, lo que quiere decir que se mantiene dentro del porcentaje de error previsto de 2.45%.

Este resultado se debió a la ausencia de personas en sus hogares a la hora de aplicar la encuesta y la abstinencia para contestar la encuesta, así como del conteo de viviendas, ya que se contaron casas que no estaban habitadas.

La población total (según las 1182 viviendas) es de 4849 habitantes. El promedio por vivienda es de 4 habitantes. De los 4849 habitantes el 29% está entre las edades de 30-50, el 21% es mayor de 50 años y el 16% incluye de edades entre 20-30 años; el resto se encuentran en la minoría de edad.

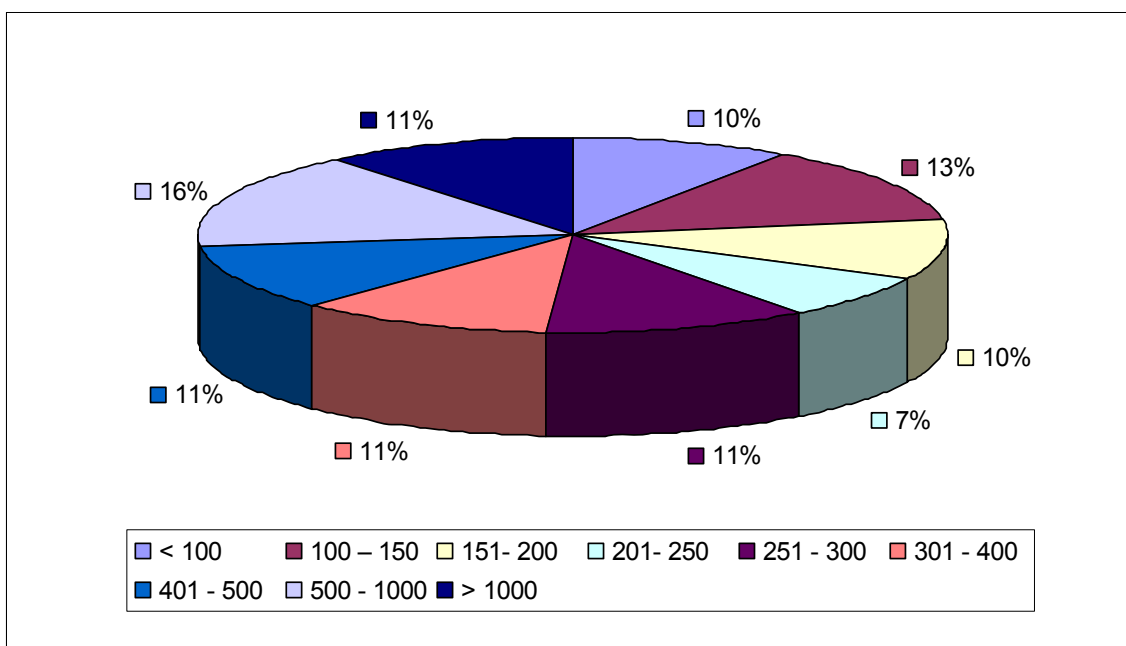
De los 4849 habitantes, 1798 trabajan, lo cual es cercano al valor de la población activa (20 a 50 años) de 1794 habitantes. De la población activa el 1 %, posee trabajos informales, y el 99% trabajan y son jubilados (Figura 4.8)



**Figura 4.8.** Distribución de trabajos formales.

Como se observa en la Figura 4.8 el mayor porcentaje 36% se enfoca en los empleos que se realizan en las empresas privadas; ya sea como operador de máquinas industriales, empleado de banco, restaurantes, almacenes, etc; el 22% trabaja independiente en aspectos comerciales como mini empresas, vendedores de diversos productos, conductores de buses propios etc.; 16% de la población labora en instituciones públicas, el 7% trabaja en el área de la agricultura, dedicándose a cultivar caña de azúcar, tomates, Café, yuca etc. Donde a pesar de existir terrenos de buena calidad, esta área implica más al aspecto de servicios; ya que incluye a dos distritos (David y Dolega), los cuales son áreas en donde se establecen instituciones, hoteles, restaurantes, bancos etc. Sin embargo las áreas altas y parte media existen comunidades en donde se realiza únicamente labores de agricultura y para beneficio propio. Los demás porcentaje con respecto a jubilados, ganadería, construcción, otros se mantienen en porcentajes similares.

La Figura 4.9 presenta la distribución de los ingresos familiares.



**Figura 4.9.** Distribución de ingresos familiares en balboas (B/.)

Como se logra observar la cuenca tiene ingresos familiares de B/. 500 a 1000 lo que representa el 16% en la Figura 4.9; sin embargo, la distribución faltante se desprende que, el 13% representa un ingreso familiar entre B/.100 a 150, el 10% menor de cien balboas, lo que comprueba que existe una mala distribución de los recursos, mostrando que la frontera entre niveles económicos es marcada.

**Tabla 4.4.** Continuidad en el servicio de abastecimiento de agua potable

Continuidad en el servicio de abastecimiento de agua potable	Distribución de la opinión de la población (%)
Continuo en el día	50
Intermitente en el día	12
Continuo en el mes	26
Intermitente en el mes	11
No tiene servicio	1

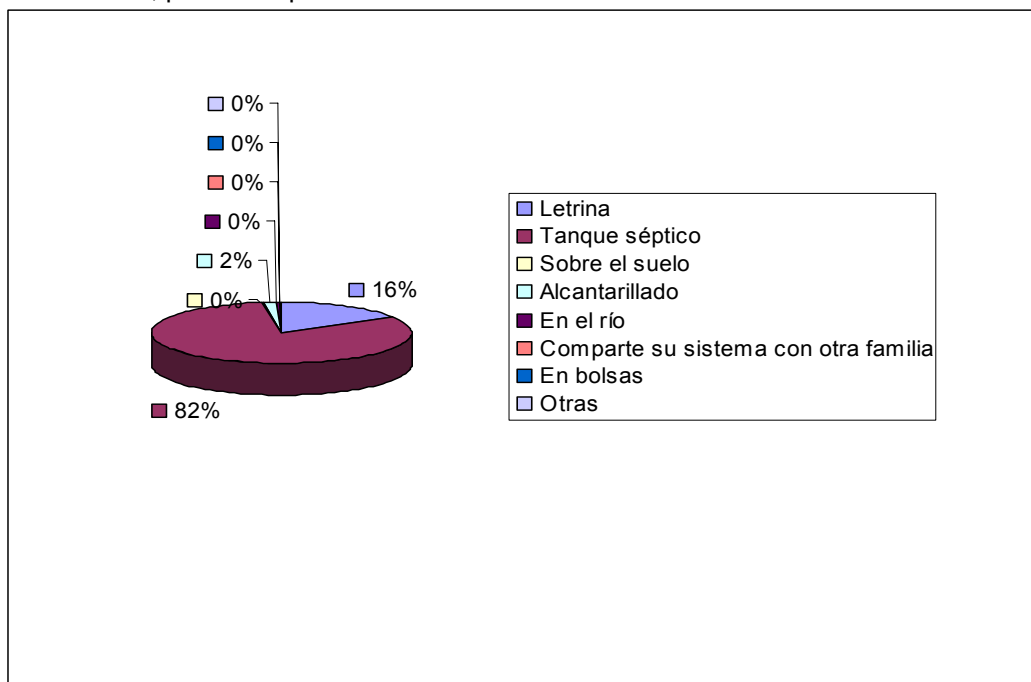
La Tabla 4.4 establece la continuidad de abastecimiento de agua potable, donde el 50% de la población recibe un servicio continuo en el día y el 26% lo recibe continuo en el mes; sin embargo existen comunidades como, La montañuela, Mata de Piro, Rincón Largo, Cermeño que cuentan con acueducto propio y en donde la comunidad le proporciona el mantenimiento al mismo a través de una junta local, quienes son capacitados por funcionarios del MINSA y los fondos llegan por medio de esta institución o por la comunidad a través de actividades.

En los meses de veranos estos acueductos rurales son cerrados por el problema de que necesita estar en el nivel necesario para llegar a las familias, y por lo tanto duran semanas sin poder contar con agua potable.

El IDAAN proporciona agua potable a las regiones mas habitadas como es el caso de Los Algarrobos, David, Potrerillos, Dolega etc. Ya que existen las plantas potabilizadoras cerca de las comunidades antes mencionadas.

Mientras que existen comunidades como Guaca Arriba, Guaca Abajo, Loma Alta, Las Cañas, Bejuco en donde no tienen agua potable y el recurso lo obtienen de ojos de agua y quebradas cercanas; y comparados estos resultados con la Dirección de Estadística y Censo 2000 se confirman los resultados.

La Figura 4.10 muestra la distribución de los mecanismos utilizados, por los habitantes de la cuenca, para la disposición de excretas.

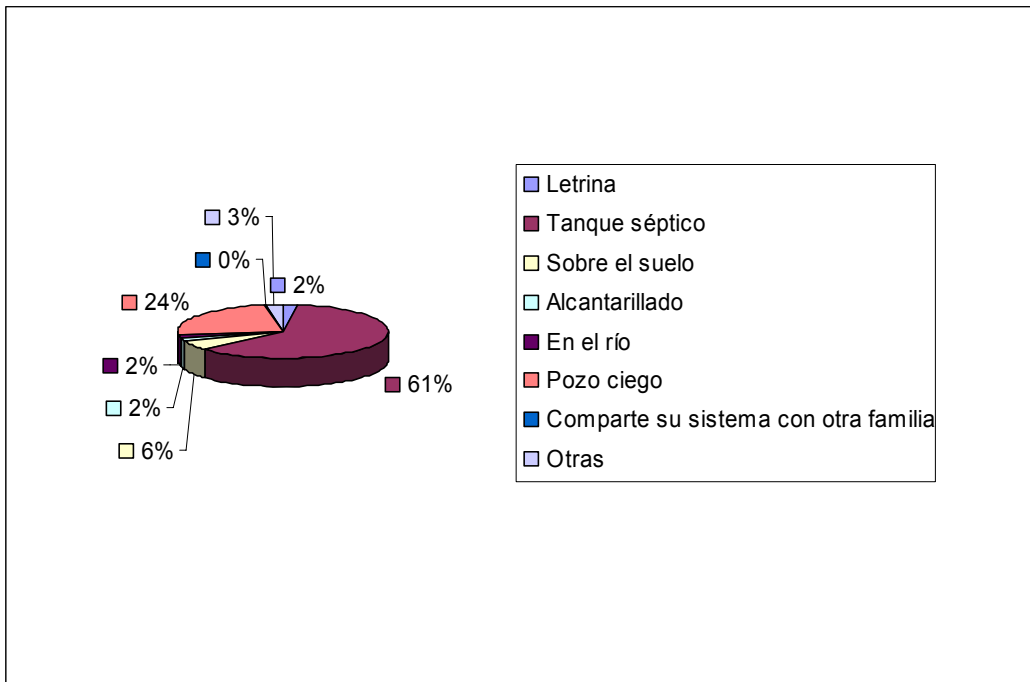


**Figura 4.10.** Distribución de los medios de disposición de heces fecales.

La Figura 4.10 señala que un 82% de la población tiene como medio de tratamiento y disposición de aguas residuales, el tanque séptico, con sus respectivas zanjas de infiltración. En los sistemas de tanque séptico no es recomendable mezclar el agua de excretas con el agua de fregar, bañarse etc. (Organización Mundial de la Salud-OMS, 1997); sin embargo, en algunas comunidades como por ejemplo San Carlitos, Rovira, Potrerillos Arriba y Abajo, entre otras, utilizan el mismo sistema para todas esas funciones y necesidades del hogar, causando efectos inhibitorios sobre los microorganismos encargados de la degradación. Estos sistemas de tratamiento y disposición individuales, deben contar con sus tres secciones bien definidas; almacenamiento, sedimentación, y el espacio libre para liberar los gases producto de la descomposición. Las entradas y salidas del mismo son importantes; así como pruebas de infiltración y capacidad de absorción del suelo; para que entonces puedan disponerse de todas las necesidades básicas del hogar (OMS, 1997).

Otros poblados como Guaca arriba, Guaca Abajo, Loma Alta, Bejuco, La Montañuela cuentan con medios de disposición de excretas, como letrinas, lo que coincide con la información del Censo (Dirección de Estadística y Censo 2000). Las citadas letrinas en muchos casos han sobrepasado su período de vida útil. En otros casos, no se cuenta con la diferencia mínima de 1,5 m entre el fondo de la letrina y el nivel freático (OMS, 1997), ya que en algunos casos las letrinas se encuentran recargadas con agua subterránea, causando contaminación de las aguas subterránea y condiciones insalubres.

La Figura 4.11 presenta la distribución de los distintos mecanismos utilizados por la población de la cuenca del Río David, para disponer las aguas producto del lavado (baño, fregadero etc.).



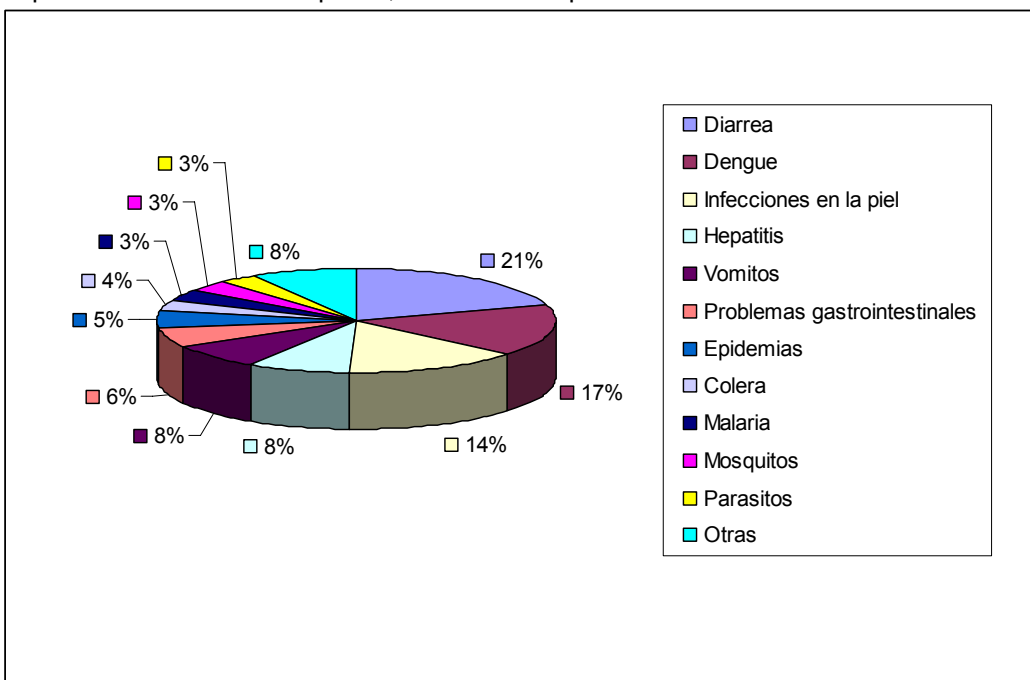
**Figura 4.11.** Distribución de los mecanismos de disposición de aguas servidas producto del lavado (baño, fregadero etc.).

Como se observa en la Figura 4.11 el 61% de la población utiliza como medio de disposición el tanque séptico, el 24% pozo ciego; donde la utilización de ambos medios se está dando en algunas áreas de la cuenca como Dolega, David, Los Algarrobos, Las Perlas.

Donde el 6% utiliza el suelo como medio de disposición y el 2% letrinas; indicando esta situación que la afectación al medio suelo y agua también se está dando por causas que pueden ser solucionadas a través de tecnologías alternativas de bajo costo. (OMS, 1997).

El alcantarillado sanitario en la cuenca solo funciona en los Distritos de David y Dolega, y donde solo cubren ciertas regiones.

La Figura 4.12 presenta la distribución de las enfermedades que pueden causar la mala disposición de desechos líquidos, mencionadas por los habitantes de la cuenca



**Figura 4.12.** Enfermedades relacionadas con la falta de saneamiento ambiental, mencionadas por los habitantes de la cuenca encuestados.

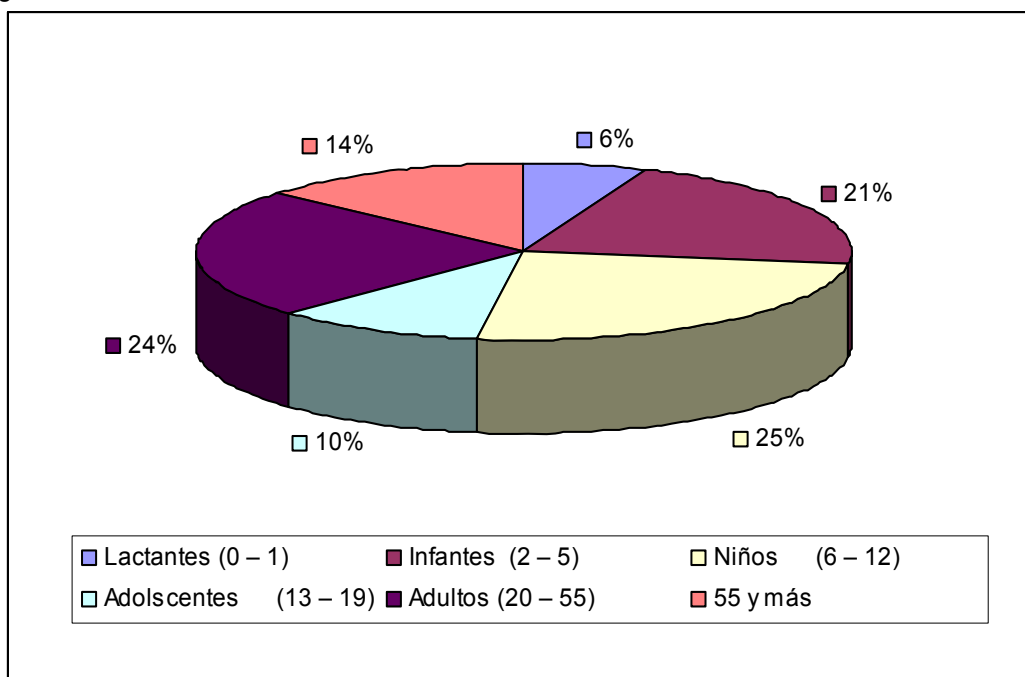
Se logra observar que el 21% de la población menciona la diarrea como una de las enfermedades o síntomas que puede causar la disposición deficiente de desechos líquidos; el 17% habla de dengue; existe un conocimiento incipiente por parte de los habitantes con respecto a las enfermedades causadas por la disposición deficiente de los desechos líquidos. Los niveles de educación sanitaria en general, por parte de algunas poblaciones de la cuenca, concuerda con estos resultados, determinando que la concienciación, por parte de las organizaciones gubernamentales, no gubernamentales, académicas y sector privado, a la población es necesaria.

**Tabla 4.5.** Distribución de la población afectada por enfermedades Gastrointestinales.

Personas con padecimiento de enfermedades	Distribución de la opinión de la población (%)
SI	20
NO	80

La Tabla 4.5 presenta la cantidad de personas que han sido afectadas por enfermedades gastrointestinales en la cuenca. Donde el 20% indica que sí han padecido alguna vez, de este tipo de enfermedad. Las poblaciones que han sido afectadas con este tipo de enfermedades coinciden, con las poblaciones que no cuentan con servicio higiénico, por lo cual se puede presumir que las pobres condiciones de saneamiento básico, inciden en el padecimiento de este tipo de enfermedades, como lo establecen Henry y Heinke (1999); Kiely (1999) y Corbitt (2003).

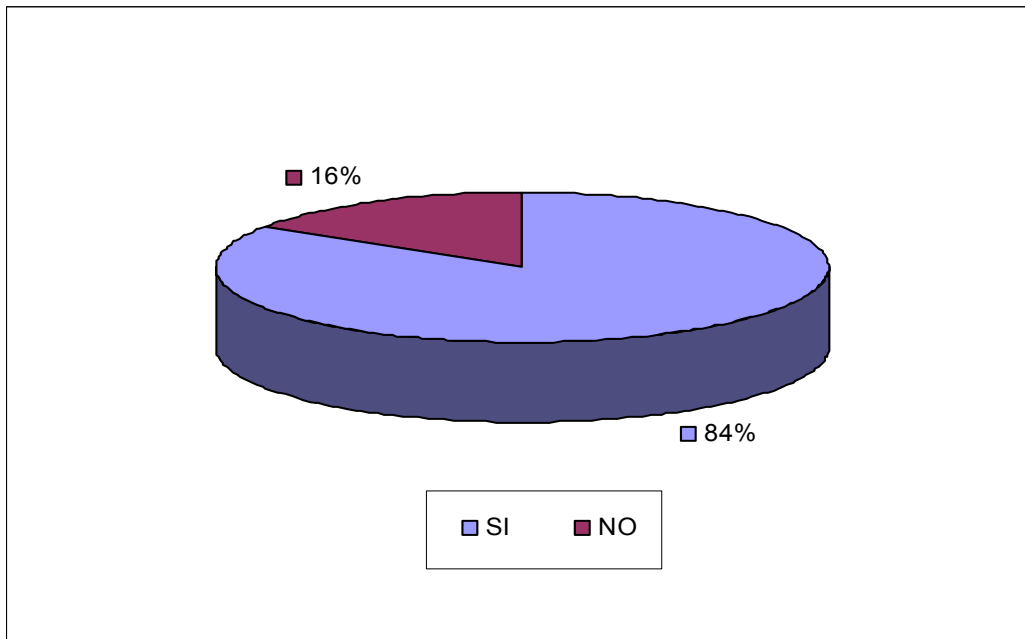
La Figura 4.13 presenta las edades en las que se han manifestado las enfermedades gastrointestinales.



**Figura 4.13.** Distribución etaria de las enfermedades gastrointestinales en la cuenca del Río David.

Como se logra observar en la Figura 4.13, con respecto a las enfermedades gastrointestinales, el 25% abarca las edades entre 6-12 años el 24% adultos entre 20-55 años, el 21% infantes de 2-6 años y el 14% a personas de 55 años en adelante. En donde los más sensibles para estos casos son los niños e infantes (46 %). La educación sanitaria toma un papel importante en este aspecto, en donde las comunidades deben participar activamente en el proceso. Una buena salud e higiene, se hacen posibles mediante una combinación de educación, mejoras en la higiene personal, y tecnologías apropiadas para el abastecimiento de agua y saneamiento (Banco Mundial, 1998).

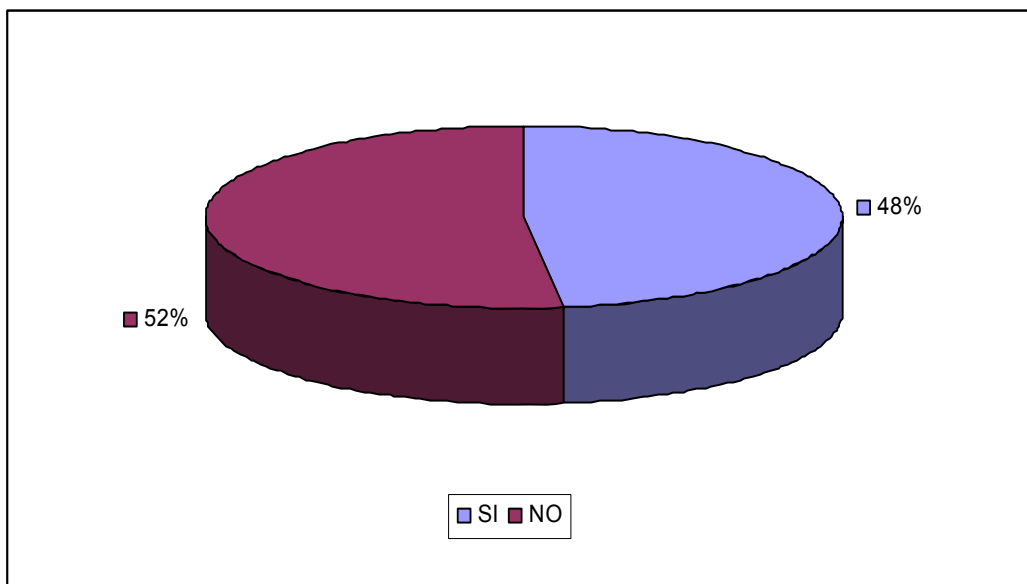
La Figura 4.14 representa el conocimiento de las personas con respecto a los plaguicidas.



**Figura 4.14.** Conocimiento sobre plaguicidas de los habitantes de la cuenca.

Como se observa en la Figura 4.14, el 84% de la población conoce que es un plaguicida, mientras que el 16% lo desconoce. A pesar de que Chiriquí es una provincia dedicada al trabajo agrícola (BID, 2006) existen personas que no poseen ningún tipo de conocimiento con respecto a plaguicidas.

La Figura 4.15, señala la utilización de plaguicidas por parte de los habitantes en la cuenca.

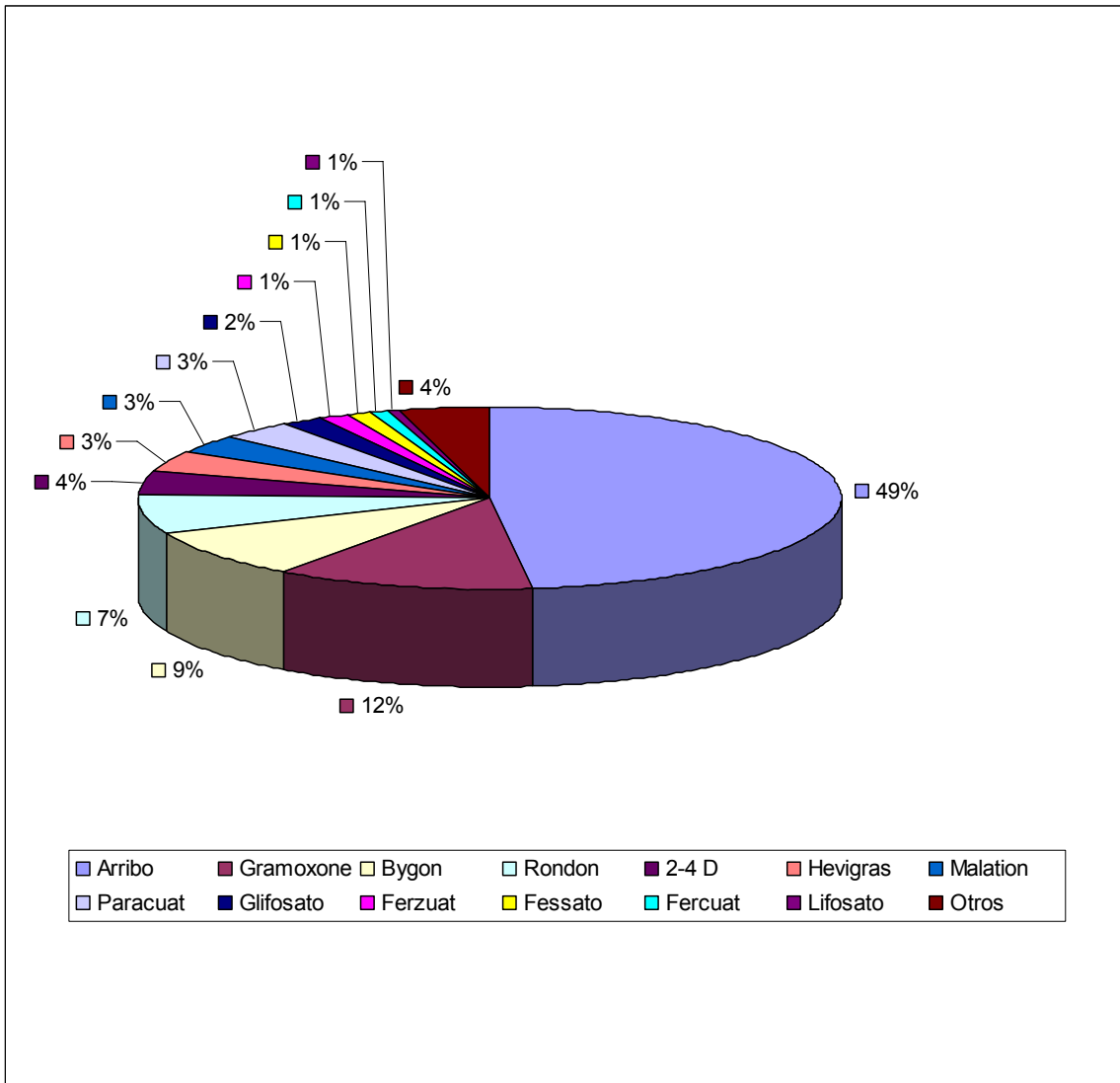


**Figura 4.15.** Uso de plaguicida en la cuenca

La Figura 4.15 indica que el 52% de la población encuestada no utiliza plaguicidas, pero el 48% de los habitantes de la cuenca sí usan químicos para evitar plagas en sus viviendas o cultivos de pequeña escala. La diferencia es poca entre estas opiniones sobre la utilización de plaguicidas.

La Figura 4.16 muestra la distribución de los tipos de plaguicidas utilizados en la cuenca.

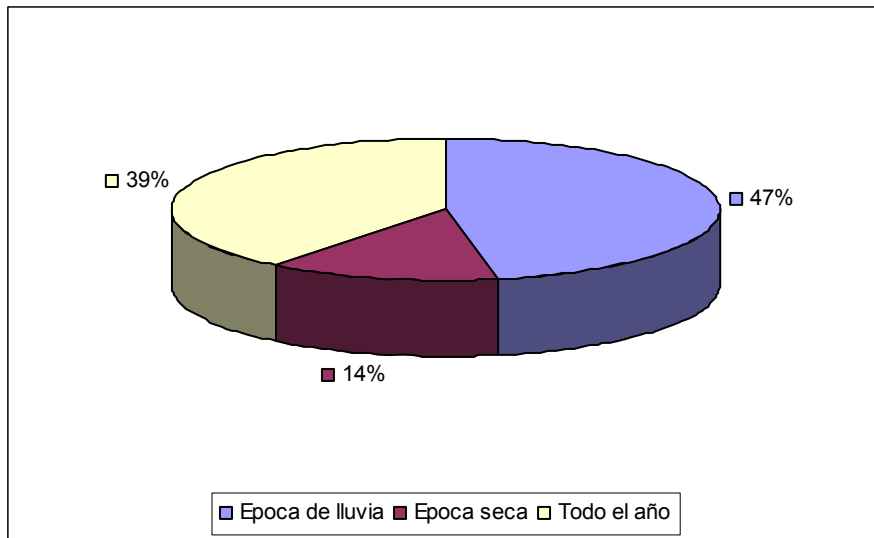




**Figura 4.16.** Plaguicidas utilizados en la cuenca.

Como se observa en la Figura 4.16 el plaguicida más utilizado identificado por un 49% de la población es el arribo es un insecticida piretroide (cipermetrina) que puede ingresar al organismo por vía oral y cutánea; que no tiene antídoto y que puede ser mortal si es ingerido o inhalado. Este herbicida tiene actividad de adulticida, ovicida y larvicida en gran variedad de especies de plagas. El 12% lo constituye el gramoxone es un herbicida, su componente activo es el paraquat, es extremadamente tóxico y toxicológicamente es letal si se ingiere (oral). Este herbicida tiene una vida media mayor a 1000 días y es más persistente en el suelo que en el agua (HSDB, 2002). El 9% usa Baygon, que es un insecticida especialmente fabricado para insectos rastreros, su compuesto activo es el propoxur pertenece al grupo de carbamatos; actúan inhibiendo la acetilcolinesterasa pero reversible, es decir neurotóxicos sin embargo es de baja toxicidad para los seres humanos.

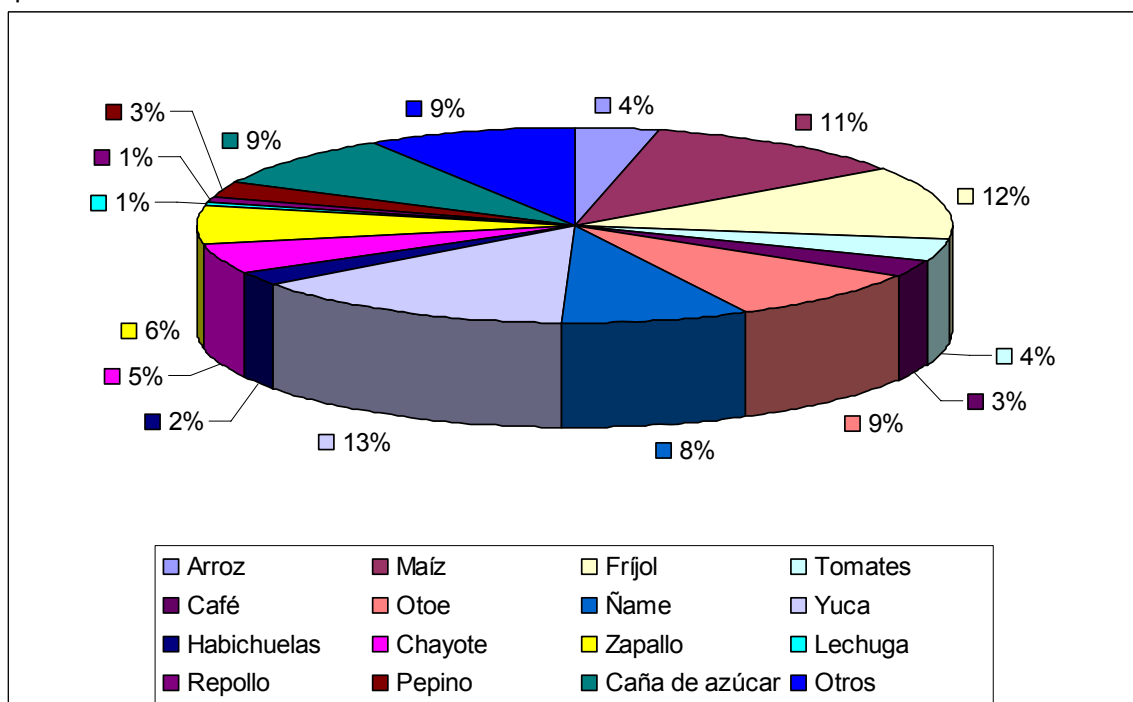
El 7% representa el round up es un herbicida donde el ingrediente activo es el glifosato, es ligeramente tóxico y su dosis letal es por vía oral, el 4% representa el 2-4D (ácido diclorofenoxiacético) es un herbicida clorofenólico; es efectivo en bajas dosis en muchas mezclas. No es tóxico ni para el hombre, ni animales (McGuire, 2006).



**Figura 4.17.** Tiempo de aplicación de plaguicidas.

Como se observa en la Figura 4.17 el tiempo de aplicación comúnmente señalado es, todo el año con 39 % (períodos de aplicación cada 2 o 6 meses), época de lluvia, con un 47%, donde el contaminante (según sus características propiedades físico-químicas y las del suelo) puede llegar al cuerpo de agua; por infiltración o escorrentía, tomando en consideración la persistencia del plaguicida en el medio agua y suelo, y la cantidad que se este aplicando.

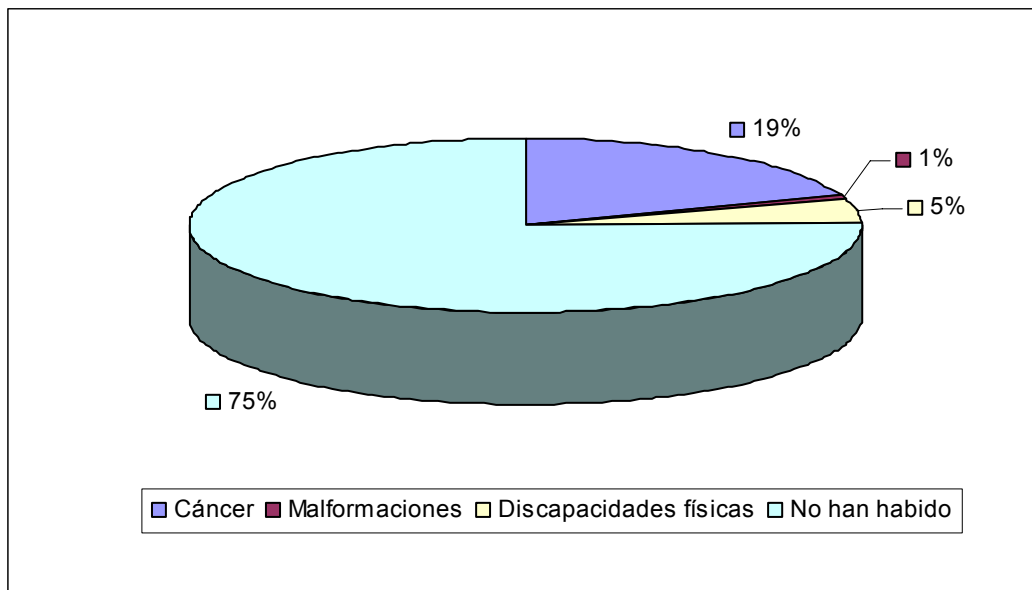
La Figura 4.18 señala la variedad de cultivos que se encuentran en la cuenca según la opinión de los habitantes



**Figura 4.18.** Cultivos artesanales presentes en la cuenca, según la opinión de sus habitantes.

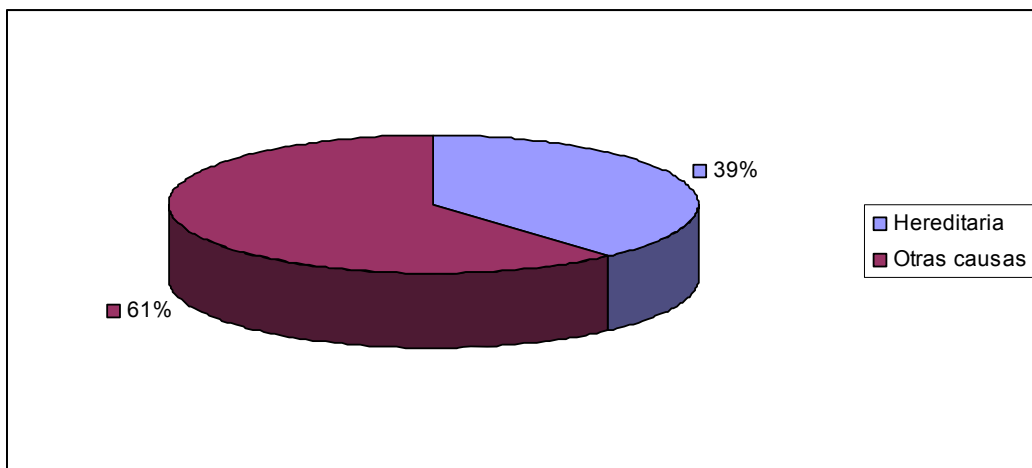
El cultivo que representa un 13% en la cuenca es la yuca, tubérculo que es utilizado con mayor frecuencia para consumo propio; el 12% es el frijol, en donde algunas personas lo cosechan para uso propio; el 11% representa al maíz, tenemos un 9% la caña de azúcar utilizada para la fabricación de panela (raspadura), el 4% representa arroz.

La distribución de las enfermedades de posible fuente teratogénicas y genotóxicas, se observan en la Figura 4.19



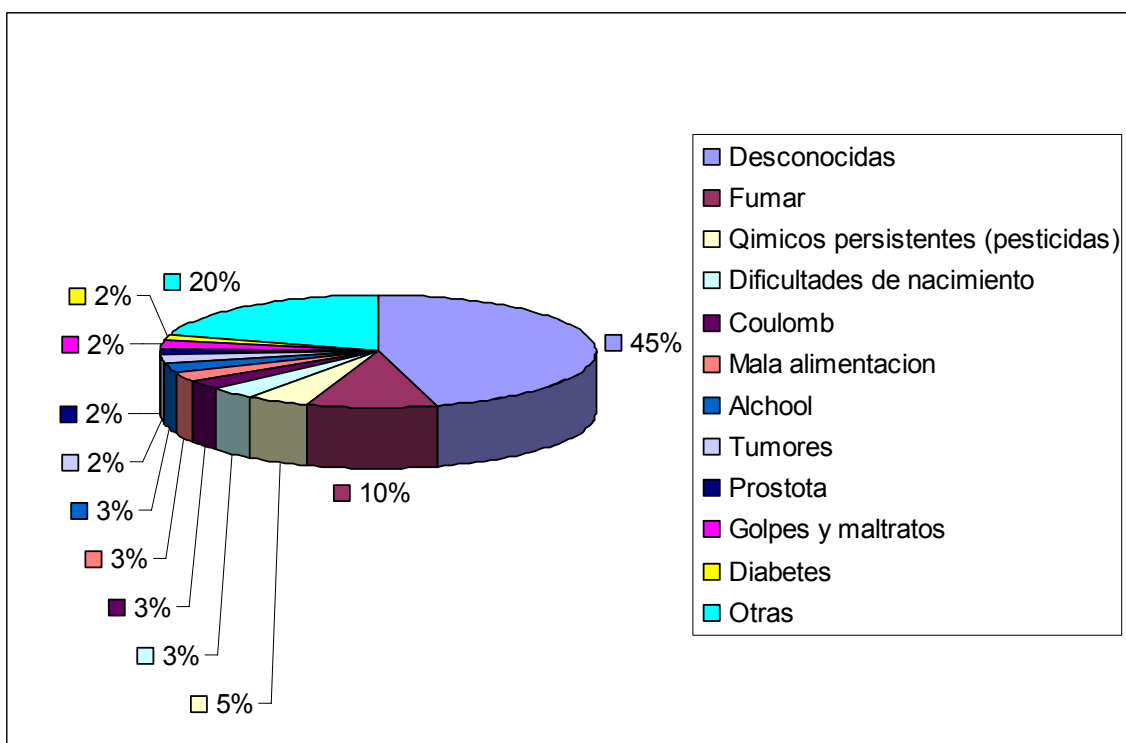
**Figura 4.19.** Enfermedades teratogénicas y genotóxicas en los habitantes de la cuenca  
 Se observa que el 75% de la población no han padecido ningún tipo de enfermedad referente a este tipo, donde el 19% si esta padeciendo de cáncer y el 5% de discapacidades físicas.

La distribución sobre factores que pueden haber provocado enfermedades en la Figura 4.20



**Figura 4.20.** Factores a los cuales se deben este tipo de enfermedad  
 Se define que para el 61% de la población encuestada las enfermedades son debido a otras causas, y para el 39% son problemas hereditarios o presentes en los genes.

La Figura 4.21 muestra la Distribución de las causas mencionadas por los habitantes con respecto a cáncer, malformaciones, discapacidades físicas.



**Figura 4.21.** Causas (de cáncer, malformaciones etc.) mencionadas por la población encuestada.

Como se observa en la Figura 4.21, según diagnósticos médicos (información oral suministrada por la población), 45% desconoce las causas de origen de la enfermedad, el 10% las relaciona a los fumadores activos, el 5% a químicos persistentes (plaguicidas) en el ambiente; ya que han dedicado una gran parte de su vida a la agricultura, sin usar las medidas de protección que señala, entre otros organismos: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Interamericana del Trabajo (OIT), INCAP-OPS-OIT (1993).

#### 4.4. Conclusión

Del estudio socioeconómico y sanitario, se desprende que la cuenca del Río David y sus habitantes poseen una distribución no uniforme de sus recursos; en donde se enmarcan las diferencias de niveles económicos entre clase social media, alta y baja. Esta situación es palpable en países en vías de desarrollo (FAO, 1993); y en Panamá específicamente la provincia de Chiriquí (Cuenca del Río David) no es la excepción.

El abastecimiento de agua potable es constante en el día 56% y en el mes 26%; sin embargo existen comunidades que dependen de riachuelos o del Río David para poder obtener el agua que necesitan, y trabajan la tierra para poder llevar el alimento diario a sus casas.

La situación en la que tratan y disponen sus desechos fecales es a través del sistema de tanque séptico (82%), que es un tratamiento primario, donde se ha comprobado que no son suficiente para desarrollar la acción biológica. En La Cuenca del Río David solo 1 de de las 25 comunidades cuenta con alcantarillado sanitario (sin tratamiento de aguas residuales), y es el distrito de David.

El grado de educación sanitaria, es muy bajo; mientras a unos se les brinda un servicio excepcional en estos términos de educación otros carecen de ellos.

Actualmente existen juntas locales en algunas comunidades como Rovira, El Banco, Potrerillos etc. En donde estas brindan el mantenimiento a los acueductos rurales. Existen también líderes de comunidades que llevan responsabilidades importantes y tratan de unificarse con los demás y participar en diversos programas, sin embargo la ayuda y el seguimiento que se les da es poco.

Existen muchos proyectos (BID, 2006) en donde los resultados han sido productivos, pero hay otros programas en donde sólo se llega a la divulgación y no se le da ningún tipo de incentivo, ni seguimiento a la población.

Chiriquí es la provincia en donde se práctica a gran escala la agricultura, además de los productos que ofrece a los consumidores, se manifiesta el uso de plaguicidas. Este uso no solo es aplicable a los productores a gran escala sino también a la población en general.

El conocimiento de la población sobre la utilización de plaguicidas es un punto importante en nuestra investigación, ya que el enfoque de esta investigación son los elementos suelo y agua, pero es importante la opinión de las personas que viven en la cuenca y sus afluentes, de la cual obtienen beneficios en aspectos de siembra, necesidades básicas, recreación etc.

Se logra observar que los habitantes de la cuenca utilizan una variedad de plaguicidas; aun conociendo los efectos que pueden causar a la salud humana y al ambiente, llegan a combinar o realizar mezclas con algunos de estos tóxicos. En donde la aplicación se da sin un equipo de protección adecuada; a los cultivos que son de consumo propio y las partes externas de sus hogares.

Mejorar la calidad de vida es uno de los aspectos que la población pide y se manifestó a través del desarrollo de las encuestas, por esto es tan importante la opinión de las personas que viven en una zona en donde las necesidades son las mismas, pero las formas de obtenerlas no son iguales.

#### **4.5. Recomendaciones**

- Emplear medios prácticos entre los organismos gubernamentales localizados en el área de la cuenca y establecer a través de planes de gestión el interés verdadero, que conlleve a la protección y conservación de La Cuenca del Río David.
- Integrar a las comunidades presentes en la cuenca, en programas de gestión, donde se desarrollen medidas encaminadas a la conservación de manejo de suelos y cuerpos de agua.
- Ejecutar programas de ordenación o distribución de recursos, para que exista equidad entre las poblaciones de la cuenca.
- Realizar un diagnóstico más profundo sobre las condiciones sanitarias de la cuenca, demarcar las áreas que carecen de educación sanitaria y poner en práctica capacitaciones de hábitos higiénicos y manejo de nuevas tecnologías.
- Utilizar tecnologías sanitarias, de bajo costo, en donde las comunidades pobres puedan participar y sacar beneficio de las mismas, mejorando así las infraestructuras sanitarias en las que se encuentran actualmente algunas de las comunidades que viven cercas de las áreas desarrolladas.
- Reintegrar programas de manejo, uso, aplicación y disposición de plaguicidas, señalando los efectos adversos que pueden provocar los mismos a corto y largo plazo.
- Que estos programas no sólo vayan enfocados a los sectores de mayor producción, sino que se tome en cuenta las organizaciones o juntas locales que ya se tienen en algunas comunidades y exista el interés de brindar un seguimiento a estos programas.
- Que las autoridades establezcan medidas más severas al abuso indiscriminado que se le está dando a los recursos, reforzando las leyes. Pues el deterioro y los daños a los elementos naturales pueden ser irreversibles.
- Incentivar a futuros graduandos, investigadores etc. A realizar investigaciones que involucren la implementación de nuevas técnicas, sin dejar atrás las prácticas tradicionales en donde se consideren factores naturales y humanos.

