

**PROYECTO RÍO SURATÁ: LÍNEAS DE ACCIÓN  
PARA REDUCIR CONTAMINACIÓN  
PROVENIENTE DE LA PEQUEÑA MINERÍA  
AURÍFERA EN VETAS Y CALIFORNIA  
(DEPARTAMENTO DE SANTANDER, COLOMBIA)**

**ELABORADO POR**

***ERWIN WOLFF CARREÑO***

*Geólogo - Especialista en Ingeniería Ambiental  
Coordinador Técnico Proyecto Río Surata*

**PRESENTADO EN**

**Jornada Internacional sobre el Impacto Ambiental del Mercurio  
Utilizado por la Minería Aurífera Artesanal en Iberoamérica  
Lima, 26 – 28 de Septiembre de 2.001**

**Bucaramanga, Septiembre de 2.001**



## COOPERACIÓN TÉCNICA COLOMBO-ALEMANA

### “REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DEBIDA A LA PEQUEÑA MINERÍA EN LA CUENCA DEL RÍO SURATÁ” (**Proyecto Río Suratá**).

#### ENTIDADES SIGNATARIAS

##### **POR COLOMBIA**

*(Convenio Interadministrativo del Río Suratá)*



**CDMB** Corporación Autónoma Regional para la  
Defensa de la Meseta de Bucaramanga (**Entidad  
Coordinadora**)

**CAMB** Compañía del Acueducto Metropolitano de  
Bucaramanga

**GOBERNACIÓN DE SANTANDER**

**MINERCOL** Participación pendiente

##### **POR ALEMANIA**



**BGR** Instituto Federal de Geociencias y Recursos  
Naturales

## CONTENIDO

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN.....                                                  | 1  |
| 1 INTRODUCCIÓN.....                                           | 2  |
| 1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO.....                        | 2  |
| 1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....                             | 3  |
| 1.3 MEDIDAS PARA ABORDAR EL PROBLEMA .....                    | 7  |
| 1.3.1 Corrección .....                                        | 7  |
| 1.3.2 Prevención.....                                         | 8  |
| 2 PRESENTACIÓN PROYECTO RÍO SURATÁ .....                      | 9  |
| 2.1 OBJETIVOS.....                                            | 10 |
| 2.1.1 Objetivo del Proyecto .....                             | 10 |
| 2.1.2 Objetivo de Desarrollo .....                            | 10 |
| 2.2 ESTRATEGIA .....                                          | 10 |
| 2.3 LINEAS GENERALES DE ACCIÓN.....                           | 11 |
| 2.4 RECURSOS INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO ..... | 11 |
| 2.4.1 Físicos .....                                           | 11 |
| 2.4.2 Técnicos .....                                          | 12 |
| 2.4.3 Financieros.....                                        | 12 |
| 2.5 CRONOLOGÍA DEL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES.....         | 12 |
| 2.5.1 Sucesos Importantes.....                                | 13 |
| 3 RESULTADOS OBTENIDOS .....                                  | 15 |
| 3.1 EN METALURGIA EXTRACTIVA .....                            | 15 |
| 3.1.1 Diagnóstico.....                                        | 15 |
| 3.1.1 Aplicabilidad de Tecnologías Seleccionadas.....         | 16 |
| 3.1.3 Laboratorios de Vetas y California.....                 | 25 |
| 3.2 EN SOCIOLOGÍA .....                                       | 25 |
| 3.3 EN INFORMÁTICA .....                                      | 27 |
| 3.4 OTROS ASPECTOS.....                                       | 27 |
| 3.4.1 Laboratorio de Aguas, Suelos y Aire de la CDMB .....    | 28 |
| 3.4.2 Laboratorio del Proyecto .....                          | 28 |
| 4. FUTURO DEL PROYECTO.....                                   | 29 |
| 5. CONCLUSIONES .....                                         | 30 |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                             | 32 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 1. Ubicación y vías de acceso al área de trabajo del Proyecto Río Suratá.</i>                                                                                                     | 4  |
| <i>Figura 2. Cuenca del río Suratá en donde se observan aguas para consumo humano en las cabeceras, y aguas contaminadas en las zonas mineras de Vetas y California.</i>                    | 5  |
| <i>Figura 3a. Promedios mensuales de mercurio (1.997 a 1.999) en RV-05 (Vetas) según CDMB, 2.000.</i>                                                                                       | 6  |
| <i>Figura 3b. Promedios mensuales de cianuro (1.997 a 1.999) en RV-05 (Vetas) según CDMB, 2000.</i>                                                                                         | 6  |
| <i>Figura 3c. Promedios mensuales de mercurio (1.997 a 1.999) en LB-01 (California) según CDMB, 2.000.</i>                                                                                  | 6  |
| <i>Figura 3d. Promedios mensuales de cianuro (1.997 a 1.999) en LB-01 (California) según CDMB, 2.000.</i>                                                                                   | 6  |
| <i>Figura 4a. Promedios mensuales de mercurio (1.999) en agua cruda de la Planta Bosconia (CAMB, 2.000).</i>                                                                                | 8  |
| <i>Figura 4b. Promedios mensuales de mercurio (1.999) en agua tratada de la Planta Bosconia (CAMB, 2.000).</i>                                                                              | 8  |
| <i>Figura 4c. Promedios mensuales de cianuro (1.999) en agua cruda en la Planta Bosconia (CAMB, 2.000).</i>                                                                                 | 8  |
| <i>Figura 4d. Promedios mensuales de cianuro (1.999) en agua tratada en Planta Bosconia (CAMB, 2.000).</i>                                                                                  | 8  |
| <i>Figura 5. Agentes que intervienen en el desarrollo del Proyecto Río Suratá.</i>                                                                                                          | 13 |
| <i>Figura 6. Desarrollo cronológico de los sucesos más importantes acaecidos durante la realización del Proyecto.</i>                                                                       | 14 |
| <i>Figura 7. Flujograma de la Operación Tipo I del sector minero “formal” de Vetas y California, considerada como la más avanzada para la región.</i>                                       | 17 |
| <i>Figura 8. Flujograma de la Operación Tipo II del sector minero “formal” de Vetas y California, considerada como la menos avanzada para la región.</i>                                    | 18 |
| <i>Figura 9. Diagrama esquemático para representar el flujograma de la operación llevada a cabo por el sector “informal” de Vetas y California, mejor conocido como de “barrileros”.</i>    | 19 |
| <i>Figura 10a. Sistema antiguo de Concentración gravimétrica (canaletas).</i>                                                                                                               | 20 |
| <i>Figura 10b. Sistema modificado.</i>                                                                                                                                                      | 20 |
| <i>Figura 11. Tipo de barril o tambor amalgamador utilizado en la región.</i>                                                                                                               | 21 |
| <i>Figura 12. Modelo propio de sistema de tratamiento de amalgamas. En primer lugar el quemador, luego la hornilla, después la retorta y por último el receptor del mercurio destilado.</i> | 22 |
| <i>Figura 13. Fotografía que muestra el sistema para el lavado del barril. Nótese a la izquierda el elutriador modificado por el Proyecto Río Suratá.</i>                                   | 22 |
| <i>Figura 14. Activador de mercurio conectado a una batería de 12 voltios para limpiar la superficie del mercurio recuperado en las etapas anteriores.</i>                                  | 23 |
| <i>Figura 15a. Instalaciones sin modificar de La Peter (Vetas).</i>                                                                                                                         | 24 |
| <i>Figura 15b. Modificaciones en La Peter (Vetas). Concentrador en espiral y canaletas.</i>                                                                                                 | 24 |
| <i>Figura 16a. Antiguas instalaciones de La Plata (California).</i>                                                                                                                         | 24 |
| <i>Figura 16b. Cambios efectuados en La Plata (California).</i>                                                                                                                             | 24 |

|                                                                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <i>Figura 17. Registro fotográfico de una charla sobre intoxicaciones con mercurio dictada por médicos a niños de la región minera.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Figura 18. Formulario de entrada inicial a la Base de Datos. ....</i>                                                                    | <i>27</i> |

## **RESUMEN**

En los municipios de Vetas y California ubicados en el Departamento de Santander (Colombia), desde hace muchos años se trabaja la minería en forma artesanal, y producto de estas labores se vierten diariamente al río Suratá desechos contaminados con mercurio y cianuro.

A unos 40 km más abajo está localizada una planta de tratamiento para potabilizar las aguas de este río, que abastece en un 40% al sistema de acueducto de Bucaramanga con aproximadamente un millón de habitantes.

Ante esta problemática ambiental, la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (CAMB), la Gobernación del Departamento de Santander y la Autoridad Minera, aunaron esfuerzos para que con ayuda del gobierno alemán a través del Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR por sus siglas en alemán), se ejecutara el Proyecto “Reducción de la Contaminación Ambiental Debida a la Pequeña Minería en la Cuenca del Río Suratá”, mejor conocido y abreviado como Proyecto Río Suratá.

Este Proyecto con miras a desarrollar trabajos conducentes a reducir en la fuente el uso de estos contaminantes, ejecuta una propuesta de cambios metalúrgicos en las instalaciones de beneficio mineral utilizando apoyos sociológicos en campo y de informática y logísticos en Bucaramanga.

Al momento se conocen resultados positivos especialmente en el proceso de destilación de amalgamas, en concentración gravimétrica y en el ciclo de cianuración por percolación. Al futuro se espera replicar estos trabajos en otras instalaciones de beneficio mineral, y poner en funcionamiento los laboratorios de Vetas y California.

## **1 INTRODUCCIÓN**

El 1º de mayo de 1.997 arribó a la ciudad de Bucaramanga una misión alemana que brindaría asesoramiento técnico al Convenio Interadministrativo del Río Surató, iniciándose así el Proyecto “Reducción de la Contaminación Ambiental Debida a la Pequeña Minería en la Cuenca del Río Surató”, el cual desarrolla sus actividades técnicas de campo en los municipios mineros de Vetás y California (Departamento de Santander, Colombia).

La principal razón para atender la región está basada en un problema de contaminación ambiental, específicamente por los vertimientos de mercurio y de cianuro producidos durante el beneficio de mineral auroargentífero en las corrientes adyacentes a la zona minera, contaminantes que finalmente afectan una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Bucaramanga con una población cercana al millón de habitantes.

Ante esta problemática el Proyecto Río Surató intenta reducir la cantidad de tales vertimientos a la corriente hídrica a través de mejoras técnicas en el conjunto de operaciones para beneficiar el mineral, utilizando herramientas de apoyo en informática y en trabajo sociológico con la comunidad.

### **1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO**

En el nororiente colombiano está situada la ciudad de Bucaramanga (capital del Departamento de Santander) y en la misma dirección se localizan los municipios de Vetás y California, en jurisdicción del Departamento de Santander. Para llegar hasta estas poblaciones productoras de mineral auroargentífero, existen dos (2) carreteables de acceso: una vía sin pavimentar que partiendo desde Bucaramanga llega hasta California y la región de La Baja en aproximadamente 60 km pasando por las poblaciones de Matanza y Surató; la otra vía inicia en Bucaramanga y llega al Corregimiento de

Berlín en aproximadamente 60 km asfaltados, y desde allí se dirige hasta Vetas y a la zona minera por un carreteable sin pavimentar (cerca de 30 km). Entre las dos cabeceras municipales hay un tramo no pavimentado de unos 15 km que permite la comunicación vehicular entre ellas (*Figura 1*).

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Se reconocen las aguas del Suratá en sus cabeceras como aptas para uso humano; en las riberas de las quebradas Angosturas, Páez y La Baja (en California) al igual que El Volcán, El Salado y Río Vetas (en Vetas), históricamente se ha desarrollado minería aurífera de filón, y los productos de desecho del procesamiento del mineral aurífero (mercurio y cianuro) son arrojados directa ó indirectamente a las corrientes hídricas circundantes; estas corrientes finalmente entregan sus aguas al río Suratá (*Figura 2*).

A mediados de la década de los 80's, el Acueducto Metropolitano de la Ciudad de Bucaramanga inició operaciones en su nueva Planta de Bosconia captando una parte de las aguas de este río para su tratamiento y posterior distribución de agua potable a los asentamientos del área metropolitana.

Con base en un programa de monitoreo de aguas y sedimentos realizado por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), en algunos puntos de la corriente superficial (inmediatamente después de las zonas con actividad minera) se corroboró la presencia de cianuro y mercurio, y como información adicional debe señalarse una mortandad de peces el 26 de enero de 1.988 (en Hartnagel, et al, 1.994).

Analizando los datos del programa de monitoreo de la autoridad ambiental regional (CDMB) para las aguas del río Suratá desde 1.997 hasta 1.999, se han encontrado en los puntos RV – 05 (en el río Vetas después de todas las descargas mineras de Vetas) y LB – 01 (en la quebrada La Baja después de

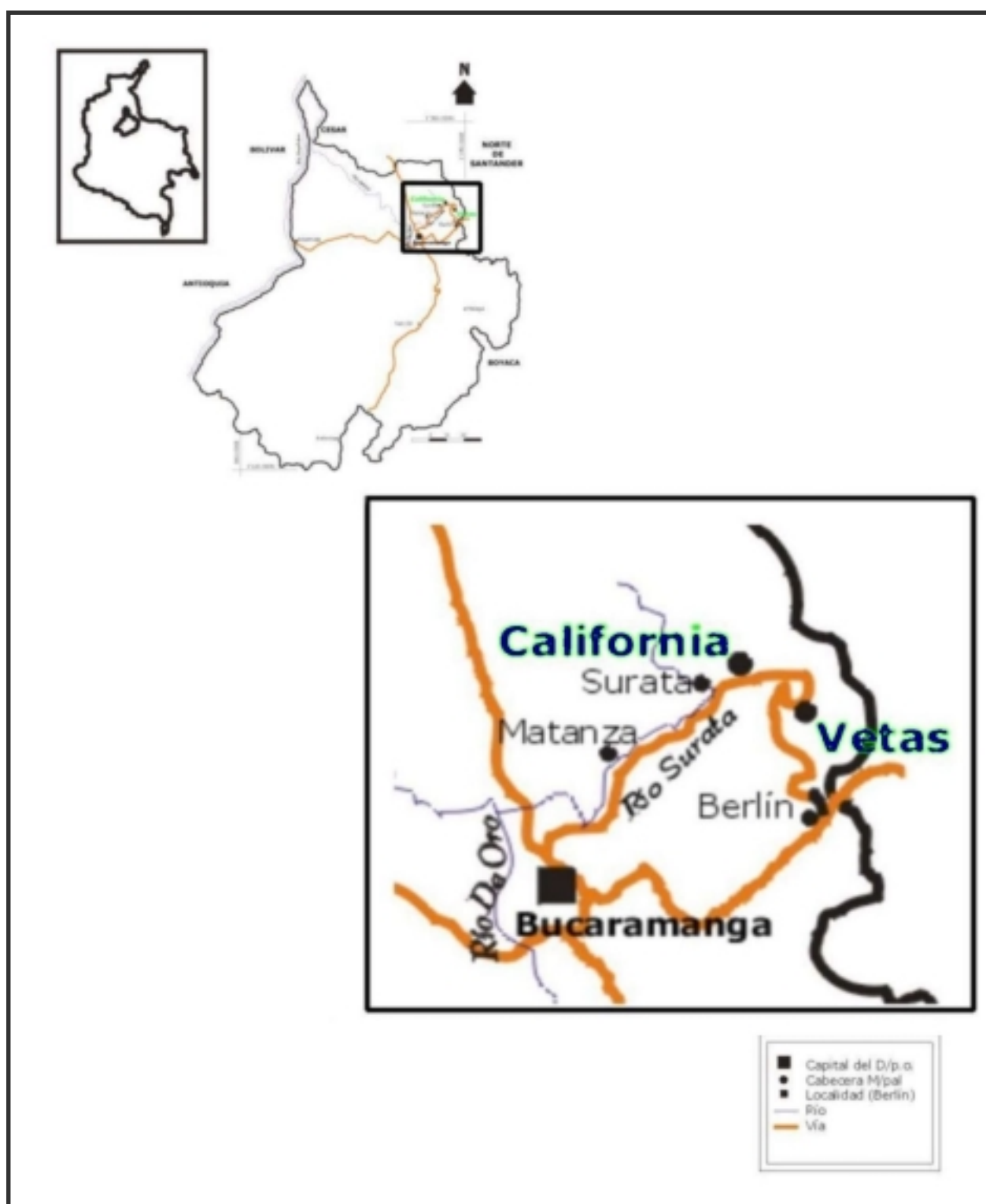
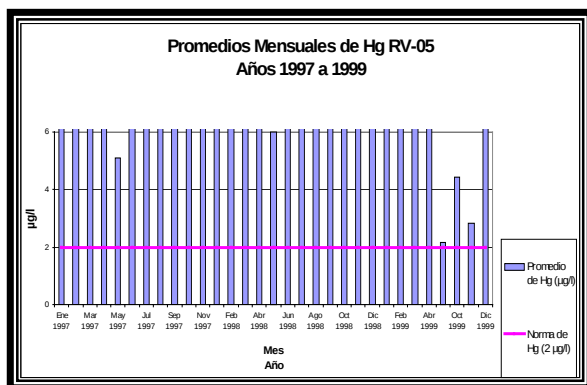


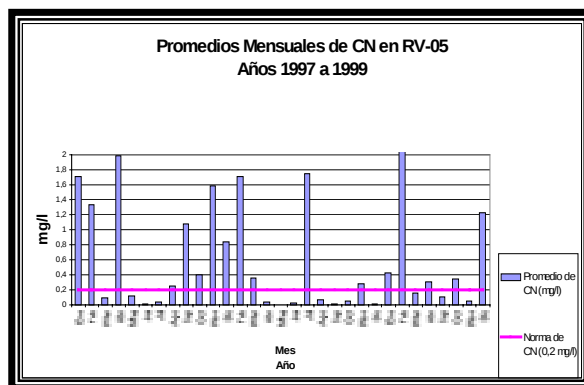
Figura 1. Ubicación y vías de acceso al área de trabajo del Proyecto Río Surata.

Figura 2. Cuenca del río Suratá en donde se observan aguas para consumo humano en las cabeceras, y aguas contaminadas en las zonas mineras de Vetás y California

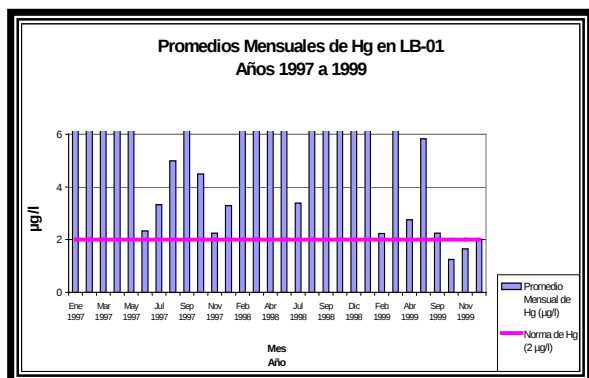
todas las descargas mineras de California) valores de mercurio y cianuro por encima de la norma colombiana para aguas [Decreto 1594 de 1.984 (0,2 microgramos por litro para mercurio y 2 miligramos por litro para cianuro)] (Figuras 3a, 3b, 3c y 3d); igualmente esta autoridad ambiental muestrea y analiza dos veces al mes la cantidad de mercurio presente en los sedimentos del lecho de este río en los puntos RV-05 y LB-01 (Ver Figura 2).



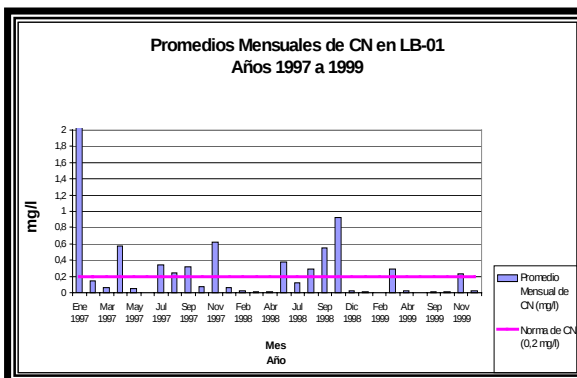
*Figura 3a. Promedios mensuales de mercurio (1.997 a 1.999) en RV-05 (Vetas) según CDMB, 2.000.*



*Figura 3b. Promedios mensuales de cianuro (1.997 a 1.999) en RV-05 (Vetas) según CDMB, 2.000.*



*Figura 3c. Promedios mensuales de mercurio (1.997 a 1.999) en LB-01 (California) según CDMB, 2.000.*



*Figura 3d. Promedios mensuales de cianuro (1.997 a 1.999) en LB-01 (California) según CDMB, 2.000.*

Es importante mencionar además que un estudio realizado por la Universidad Industrial de Santander y contratado por la autoridad ambiental regional (CDMB) en octubre del año 2.000, reporta ausencia casi total de comunidades bentónicas y presencia mínima de comunidades perifíticas en las riberas de las quebradas en donde hay actividad minera; se corrobora entonces la contaminación de las aguas por residuos tóxicos provenientes de la minería tales como mercurio y cianuro.

Además de la problemática ambiental, se reconoce que las condiciones socio-culturales del entorno minero son difíciles en cuanto a su aspecto económico, debido a que la minería desarrollada principalmente es artesanal y de subsistencia.

### **1.3 MEDIDAS PARA ABORDAR EL PROBLEMA**

Una reacción inmediata ante un problema como este, es el cierre de las minas y esperar que la naturaleza corrija la situación. Fuera de ello existen dos (2) alternativas para superar los inconvenientes ambientales surgidos con los trabajos de beneficio del mineral auroargentífero: Una corresponde con trabajos de corrección ó descontaminación, y la otra consiste en desarrollar actividades para reducir en la fuente la descarga de los contaminantes.

#### **1.3.1 Corrección**

Con esta medida se debe realizar tratamiento a las aguas contaminadas del río utilizando técnicas de separación y/o neutralización de los compuestos perjudiciales.

En este caso se trata de descontaminar las aguas del río después de todas las descargas mineras. Esta actividad la realiza la Compañía del Acueducto Metropolitano en su planta de Bosconia ubicada unos 40 km más abajo de las descargas mineras; allí es ejercido un permanente control a las aguas que entran al proceso de potabilización. Técnicamente se retira la mayor parte del mercurio con un proceso preliminar de sedimentación (agregando algunas veces sulfato de aluminio para acelerarlo); el cianuro presente es neutralizado con una pre-cloración inicial. Este tratamiento es ejecutado antes del proceso convencional de potabilización de agua y ha dado resultados positivos pues la Compañía del Acueducto garantiza agua potabilizada sin mercurio y sin cianuro en la red domiciliaria de distribución (*Figuras 4a, 4b, 4c y 4d*).

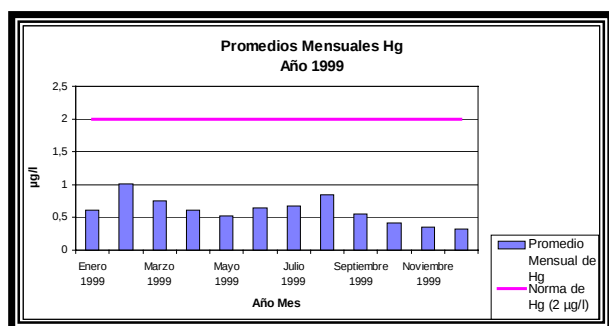


Figura 4a. Promedios mensuales de mercurio (1.999) en agua cruda de la Planta Bosconia (CAMB, 2.000).

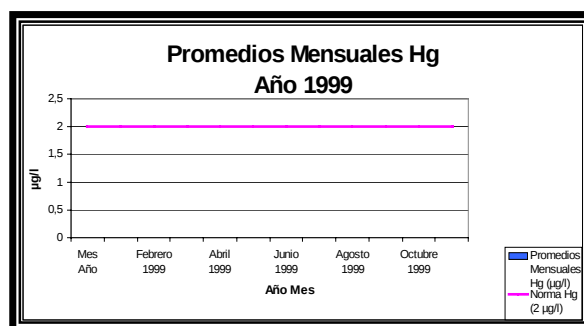


Figura 4b. Promedios mensuales de mercurio (1.999) en agua tratada de la Planta Bosconia (CAMB, 2.000).

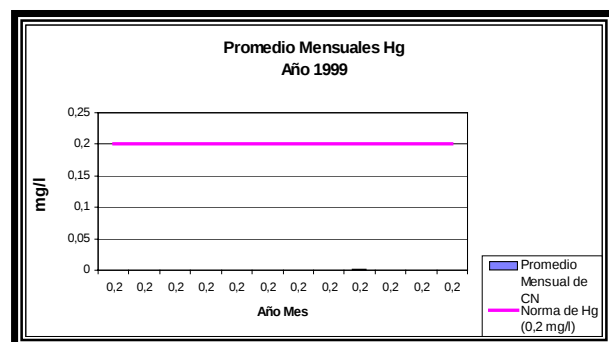


Figura 4c. Promedios mensuales de cianuro (1.999) en agua cruda en la Planta Bosconia (CAMB, 2.000).

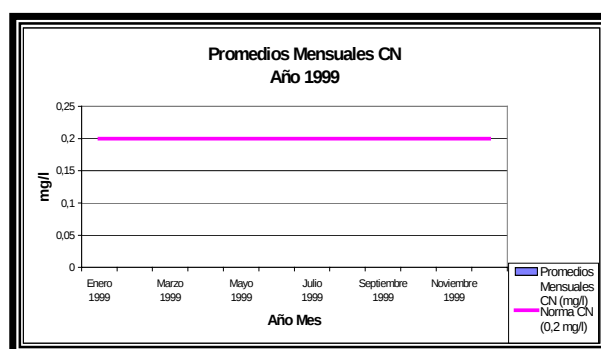


Figura 4d. Promedios mensuales de cianuro (1.999) en agua tratada en Planta Bosconia (CAMB, 2.000).

### 1.3.2 Prevención

Actividades enfocadas hacia disminuir en la fuente el uso indiscriminado de elementos tóxicos (mercurio y cianuro).

Combinado al monitoreo llevado a cabo por la CDMB, se generó como primer paso una programación de descargas de vertimientos industriales mineros en donde cada instalación minera formal vierte durante un (1) día al mes sus arenas producto del proceso de cianuración. Esta programación es vigilada por un inspector en Vetas y otro en California y como consecuencia de ella los niveles de cianuro en el río bajaron sustancialmente y no se suspendieron las operaciones en la Planta Bosconia por altos valores de cianuro en el agua.

Igualmente el Proyecto Río Suratá enfoca todos sus esfuerzos a reducir en la fuente el uso de mercurio y cianuro, a través de mejoras técnicas en los procesos metalúrgicos extractivos llevados a cabo en la región minera.

## **2 PRESENTACIÓN PROYECTO RÍO SURATÁ**

Referenciado el problema, la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. E.S.P. (CAMB) en 1.991 solicitó ayuda internacional para superar los inconvenientes técnicos y ambientales. Fue así como nació el Proyecto “Reducción de la Contaminación Ambiental Debida a la Pequeña Minería en la Cuenca del Río Suratá” mejor conocido y abreviado como *Proyecto Río Suratá*, el cual institucionalmente está soportado en un Convenio de Cooperación Técnica firmado entre los Gobiernos de Colombia y Alemania, siendo ejecutado por las siguientes instituciones colombianas agrupadas en el “*Convenio Interadministrativo del Río Suratá*”: CDMB (Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga), CAMB (Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga), GOBERNACIÓN DE SANTANDER (Autoridad Político-Administrativa del Departamento), y en un principio participaba el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA que delegó esta actuación en la Empresa Nacional Minera (MINERCOL) como Autoridad Minera. Por mandato del Gobierno Alemán la entidad ejecutora es el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR por sus siglas en Alemán).

El Proyecto inició actividades el 1 de Mayo de 1.997, y concertó un Plan Operativo en Julio de 1.997 entre las instituciones del Convenio de Cooperación Técnica y los mineros, el cual fue ajustado en Febrero de 1.999 y se reevaluó en Marzo del año 2.000.

## **2.1 OBJETIVOS**

Mediante concertación con los involucrados y utilizando la metodología alemana de planificación ZOPP (Planificación de Proyectos Orientada a Objetivos por sus siglas en alemán), se establecieron los siguientes objetivos para el Proyecto Río Suratá:

### **2.1.1 Objetivo del Proyecto**

Se ha implementado un sistema de Asistencia Técnica cualificado para los mineros y sus organizaciones de Vetas y California, bajo la responsabilidad de la CDMB en el marco del Convenio interadministrativo.

### **2.1.2 Objetivo de Desarrollo**

Se ha asegurado una fuente esencial de abastecimiento de agua para la población de Bucaramanga y el área metropolitana por la reducción de la contaminación en la cuenca del río Suratá.

## **2.2 ESTRATEGIA**

Como estrategia de trabajo se planificaron diferentes actividades buscando *“reducir la contaminación ambiental mediante mejoras en el trabajo metalúrgico realizado en las plantas de beneficio del mineral auroargentífero, que redunden en incrementos económicos para los mineros de la región”*. Igualmente debe resaltarse que el Proyecto actúa como una Unidad Independiente persiguiendo su objetivo sin intervenir ni hacer parte de los objetivos, fines y misión de las instituciones signatarias.

Es importante mencionar que los mineros son beneficiarios y parte fundamental tanto del problema como de la solución, y por tanto hacia ellos está enfocada la mayor parte de los trabajos.

### **2.3 LINEAS GENERALES DE ACCIÓN**

Con miras a desarrollar un importante trabajo de reducción en la fuente, el Proyecto Río Suratá ejecuta una propuesta de trabajo metalúrgico en las plantas mineras con fases de desarrollo investigativo de laboratorio en Bucaramanga, utilizando apoyos sociológicos en campo y de informática al igual que administrativos en Bucaramanga.

Con igual perspectiva se ha llevado a cabo un amplio programa de capacitación del personal asignado al Proyecto, transfiriendo la información obtenida a los mineros de la región.

Finalmente se ha considerado fundamental instalar dos (2) laboratorios (uno en Vetas y otro en California) como herramientas de control técnico y ambiental a ser utilizadas por cada instalación minera, especialmente para analizar contenidos de oro en muestras de mineral (ensaye al fuego).

### **2.4 RECURSOS INVOLUCRADOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

Para ejecutar las labores del Proyecto Río Suratá ha sido necesario destinar recursos económicos colombianos y alemanes para sufragar las inversiones inherentes al trabajo. Para ello se han utilizado los siguientes recursos tanto físicos, como técnicos y financieros que se detallan a continuación.

#### **2.4.1 Físicos**

Para realizar el trabajo se han utilizado tres (3) vehículos, una (1) motocicleta, dos (2) casas de pernoctación para el personal en campo (una en Vetas y otra

en California), una (1) oficina y una (1) locación para el laboratorio metalúrgico - químico en Bucaramanga.

#### **2.4.2 Técnicos**

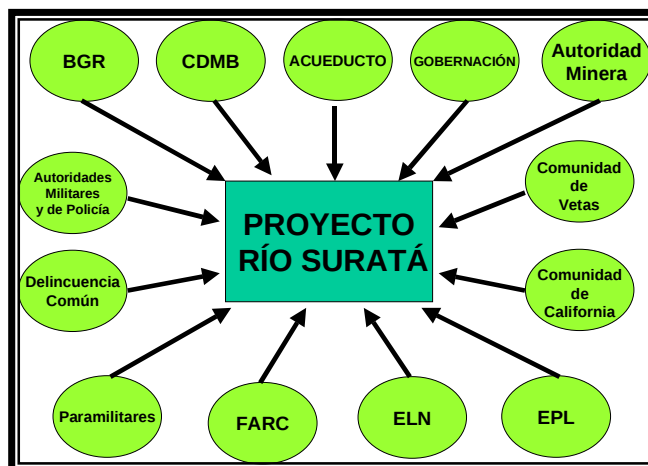
Durante las actividades del Proyecto se ha requerido material de campo para la toma de muestras, equipos para el laboratorio de Bucaramanga en donde se prepara e investiga el material colectado, equipo de oficina para el análisis de la información y edición del material producido durante las experiencias prácticas e investigaciones de laboratorio, máquinas y equipos para instalar en las Plantas Típicas lo mismo que en los laboratorios, y elementos distribuídos gratuitamente entre los mineros que contribuyen a disminuir la contaminación especialmente por mercurio.

#### **2.4.3 Financieros**

Para poder ser operativos se requieren recursos económicos aportados por el gobierno alemán destinados a la compra de equipos, pago de Asesores y para ejecución del programa de capacitación. Los recursos económicos aportados por el gobierno colombiano están destinados específicamente al pago de honorarios del personal asignado al Proyecto (1 Coordinador Técnico, 2 Ingenieros Metalúrgicos, 2 Técnicos Metalúrgicos, 1 Técnico Químico, 1 Ingeniero de Sistemas, 1 Socióloga, 1 Secretaria, 1 Auxiliar Administrativo, y 3 Conductores), mantenimiento de vehículos, pago de alquileres y servicios públicos, compra de inmuebles, acondicionamientos y operación inicial de los laboratorios en Vetas y California, e importaciones y bodegajes.

### **2.5 CRONOLOGÍA DEL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES**

Una mención especial debe tenerse en cuenta para la ejecución de las actividades programadas por el Proyecto Río Suratá: Las particulares condiciones sociales de la región unidas a la situación de orden público en Colombia y la complejidad institucional (*Figura 5*), determinan que un Proyecto de esta naturaleza con un importantísimo componente de trabajo en el campo esté afectado en su accionar por factores externos.

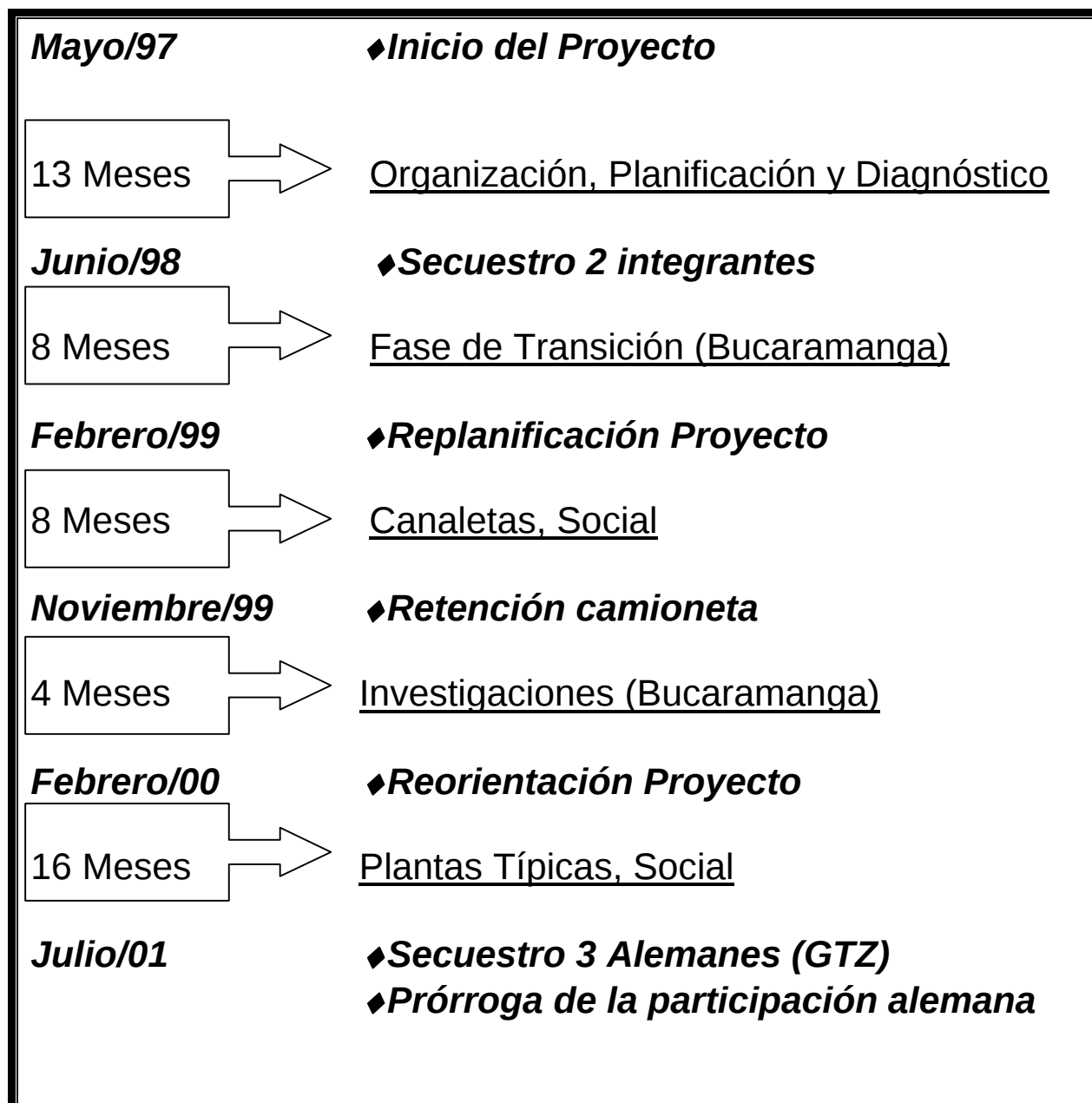


*Figura 5. Agentes que intervienen en el desarrollo del Proyecto Río Surata.*

### **2.5.1 Sucesos Importantes**

El 1 de mayo de 1.997 inició sus trabajos el Proyecto con el arribo a Bucaramanga de la misión de asesores alemanes; los siguientes 13 meses estuvieron dedicados a la organización administrativa, a la planificación de actividades y a la elaboración de un diagnóstico mineralógico-metalúrgico-ambiental. El 24 de junio de 1.998 ocurrió el secuestro de dos (2) integrantes del Proyecto Río Surata (el Asesor en Metalurgia y Medio Ambiente, y el Coordinador Técnico) por una organización insurgente; fueron suspendidas las actividades hasta el 3 de agosto de 1.998 cuando ocurrió la liberación de estas personas. A partir de esa fecha y hasta finales de febrero de 1.999 (8 meses) se ejecutó una fase de transición en la que se elaboraron y distribuyeron los informes técnicos producto del diagnóstico elaborado, además de la realización de pruebas y ensayos a tener en cuenta en los siguientes trabajos de implementación de alternativas para la minimización del problema. A partir de marzo de 1.999 se trabajó en campo replicando una técnica artesanal más apropiada para concentración gravimétrica en canaletas apoyándose el grupo técnico en una intensa labor sociológica hasta noviembre de 1.999 (8 meses) cuando la insurgencia local retuvo una camioneta del Proyecto. Desde esta época y hasta febrero del año 2.000 (4 meses) se realizaron investigaciones de laboratorio concluyendo con una reorientación del Proyecto para trabajar en dos (2) Instalaciones Típicas de procesamiento de mineral, una en Vetas y otra en California. Los trabajos finalizaron en julio de 2.001 (luego de 16 meses) y

fueron suspendidos por el secuestro de tres (3) Alemanes en el Departamento del Cauca (Colombia), uno de ellos trabajando para un Proyecto de la Sociedad Alemana para Cooperación Técnica (GTZ por sus siglas en alemán); además en esta fecha se conoció de la prórroga de la participación alemana en el Proyecto por 3 años más. Esta cronología puede verse resumida en la *Figura 6*.



*Figura 6. Desarrollo cronológico de los sucesos más importantes acaecidos durante la realización del Proyecto.*

### **3 RESULTADOS OBTENIDOS**

#### **3.1 EN METALURGIA EXTRACTIVA**

El principal y neurálgico tema técnico del Proyecto Río Suratá está relacionado con las mejoras en metalurgia extractiva que puedan ser implementadas en campo. Para ello primero se determinaron las deficiencias técnicas de los procesos de beneficio del mineral aurífero presente en Vetas y California a través de un diagnóstico; posteriormente se iniciaron los trabajos que han permitido corregir algunos aspectos metalúrgicos y de procesamiento mineral. Actualmente se conocen las debilidades y se está llevando a cabo la estrategia que permitirá alcanzar reducción en contaminación ambiental y una mayor eficiencia en la productividad minera.

##### **3.1.1 Diagnóstico**

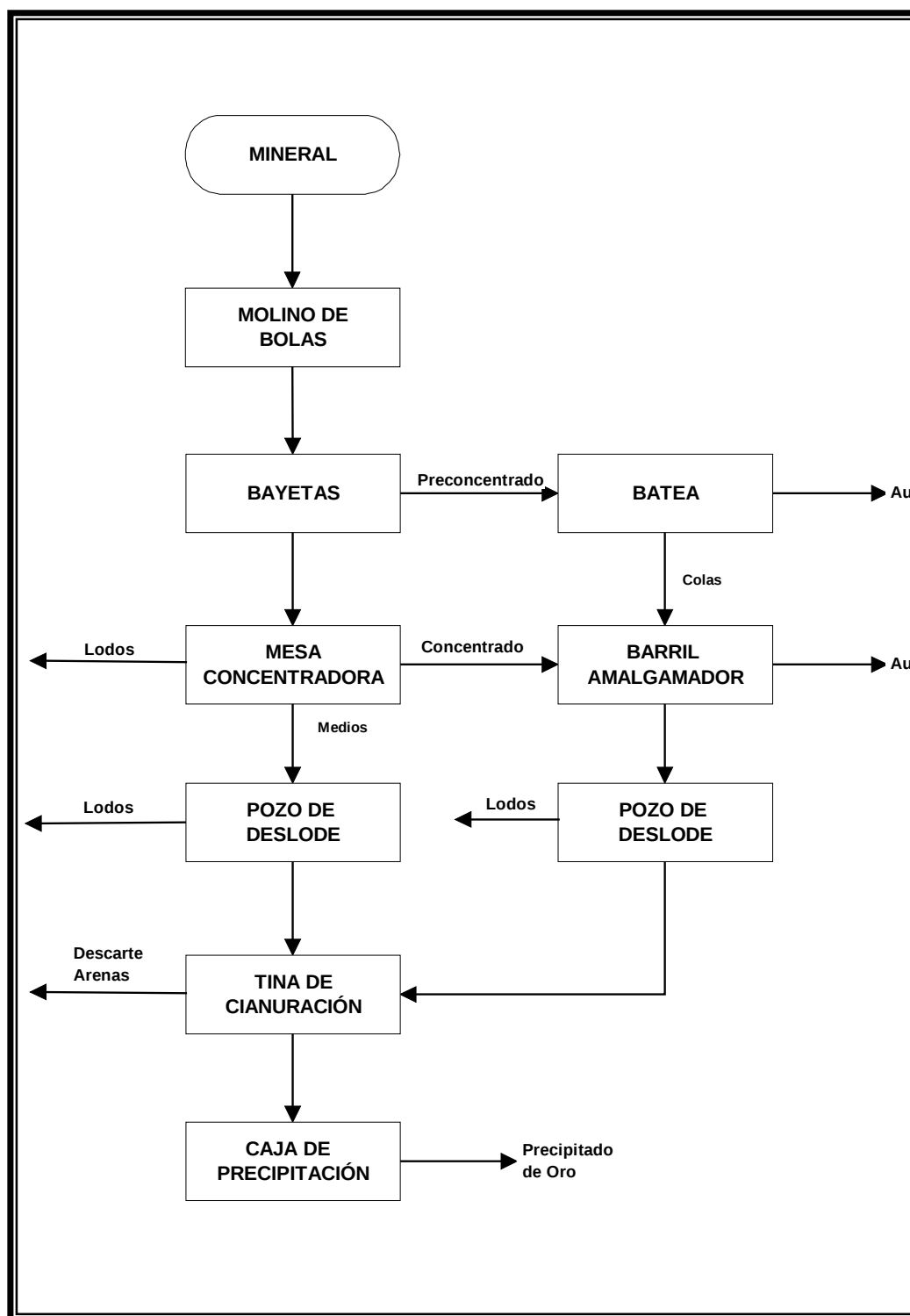
Se inició en Octubre de 1.997 y finalizó en Noviembre de 1.998 con la divulgación de los respectivos documentos. En esta etapa se reconocieron a partir de la selección de cinco (5) plantas (3 en California y 2 en Vetas) y 17 “barrileros” las condiciones operativas de las instalaciones de beneficio en la región del Proyecto. Así se determinó que el oro ocurre en filones controlados estructuralmente, encajados básicamente en rocas ígneas y metamórficas; la mineralización básica de estos filones está dada por sulfuros de hierro (pirita, pirrotina, marcasita), de plomo (galena), de zinc (esfalerita, wurtzita), de hierro y cobre (calcopirita, bornita), de cobre (calcosina, covelina, digenita), sulfosales ó minerales de azufre no oxidado (tennantita, tetraedrita, enargita), oro (microscópico a submicroscópico) y plata; el mineral de California es más rico en sulfuros y presenta oro más fino dificultándose su proceso de beneficio; en Vetas el oro es más grueso y son mejores las condiciones del beneficio debido a que el mineral presenta menor cantidad de sulfuros que acompañan la mena. En cuanto al proceso técnico de beneficio del mineral aurífero, las operaciones realizadas por los mineros de la zona fueron clasificadas en dos (2) sectores:

Uno “formal”, y el otro “informal”. Dentro del primero sector se consideraron dos tipos de operaciones: La primera (Tipo I) más avanzada para la región, en la que se trabaja con trituración primaria, molienda con molino de bolas, concentración gravimétrica utilizando jig y/o mesa concentradora, proceso de amalgamación en barril y de cianuración por percolación (*Figura 7*); la segunda (Tipo II) con menor grado de mecanización, en la que se utiliza molino californiano en la etapa de molienda, concentración gravimétrica en canaletas, proceso de amalgamación en barril y de cianuración por percolación (*Figura 8*). Los dos tipos de operaciones mineras efectúan su proceso deficientemente con pérdidas de oro cercanas al 40%. En el sector “informal” mejor conocido como “barrileros”, se realizan las operaciones simultáneas de molienda y amalgamación, y las colas del proceso son almacenadas para cianuración por percolación en pequeñas tinajas (*Figura 9*).

Con este diagnóstico se encontró que la producción minera estaba determinada por las labores de 11 Plantas activas en Vetas y 14 en California, beneficiando de 35.000 a 45.000 toneladas de mineral por año y produciendo entre 250 y 350 kilogramos de oro anuales. Igualmente se estimó que cada año la minería descarga de 1.000 a 1.200 kilogramos de mercurio en los afluentes del Río Suratá; el consumo de cianuro en promedio alcanza niveles entre 25 y 30 toneladas al año las cuales van a parar finalmente al río. También se calculó que de los 3.500 habitantes estimados para la región, el 90% dependen directa ó indirectamente de la minería como sustento.

### **3.1.1 Aplicabilidad de Tecnologías Seleccionadas**

A partir de marzo del año 1.999 y hasta la fecha, se han intervenido técnicamente los procesos de concentración gravimétrica y de amalgamación; la molienda



*Figura 7. Flujograma de la Operación Tipo I del sector minero “formal” de Vetas y California, considerada como la más avanzada para la región.*

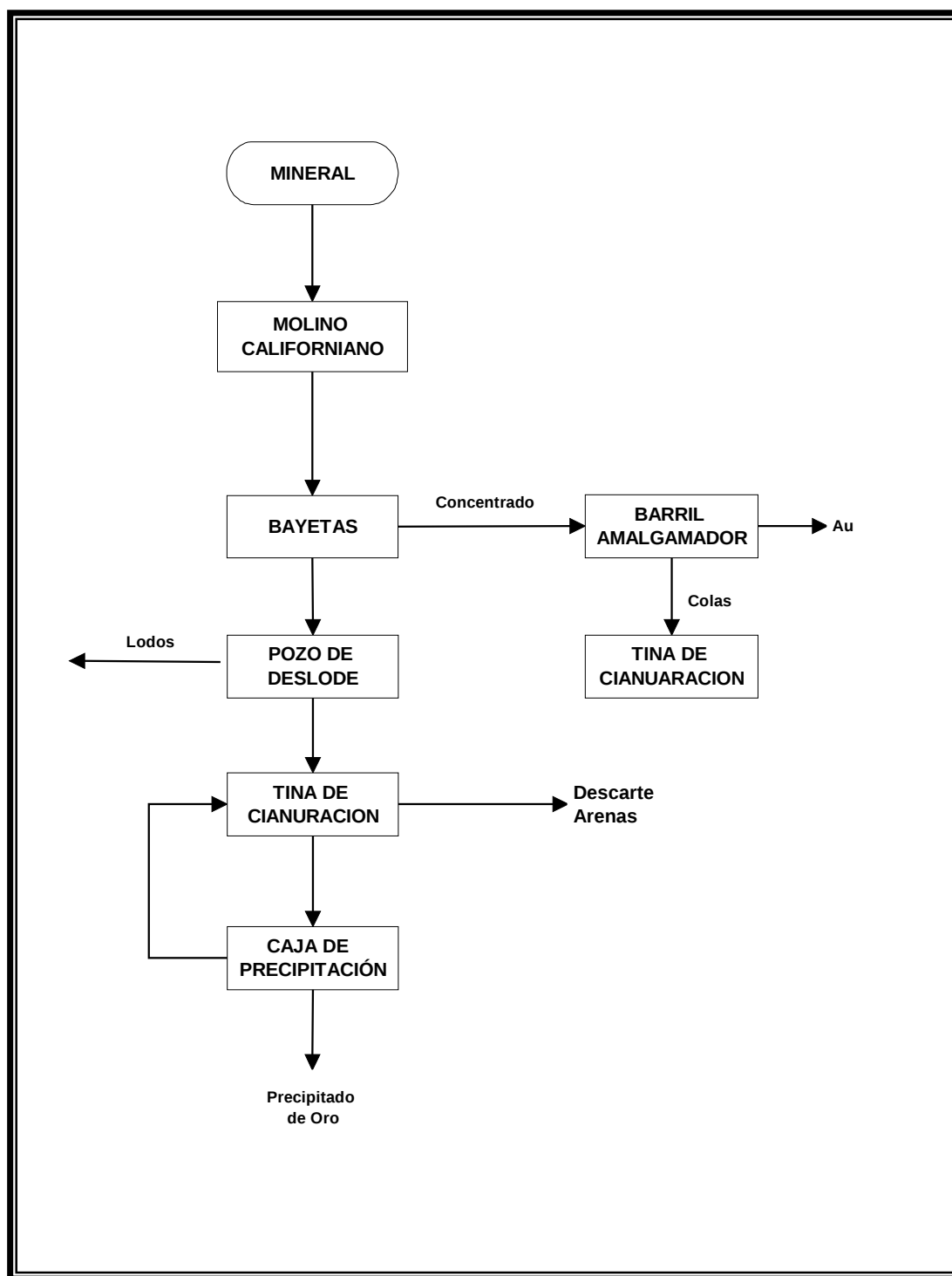
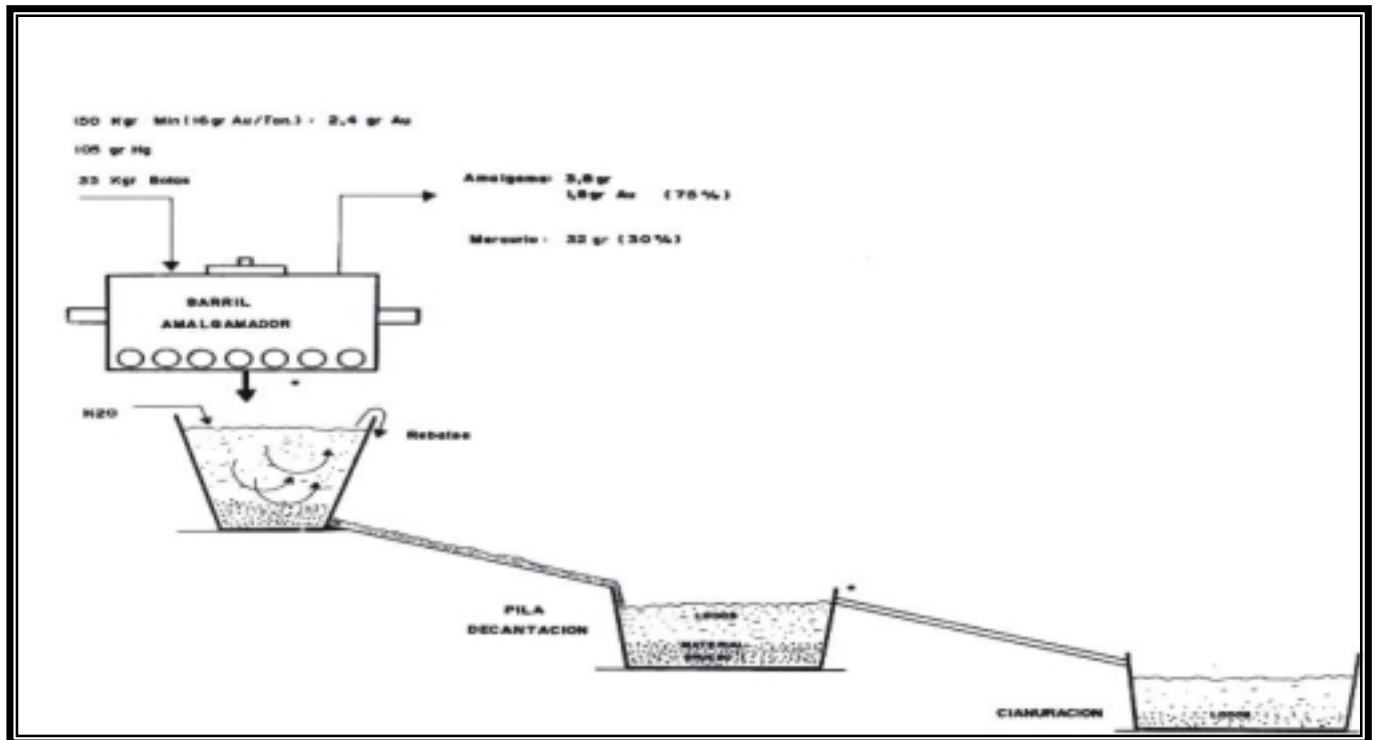


Figura 8. Flujograma de la Operación Tipo II del sector minero “formal” de Vetas y California, considerada como la menos avanzada para la región.

Figura 9. Diagrama esquemático para representar el flujograma de la operación llevada a cabo por el sector “informal” de Vetas y California, mejor conocido como de “barrileros”.



y el ciclo de cianuración por percolación han sido atendidos primariamente por el Proyecto, y para ello aún falta investigación.

**Concentración Gravimétrica:** Este tema se inició con la instalación de canaletas (*Figuras 10a y 10b*) las cuales corresponden con las estructuras ubicadas inmediatamente después del molino para efectuar en primera instancia preconcentración del mineral valioso (concentrado). Las canaletas que el Proyecto instaló durante 1.999 fueron diseñadas para reducir el volumen de concentrado aumentando la calidad del mismo; fueron construidas en madera utilizando bayetas (de tapete tipo NOMAD ) como medio de recolección; así se trabajó en las minas La Elsy, La Providencia, Trompeteros, Potosí y La Peter en Vetas; en California se instalaron canaletas en La Plata, El Cuatro, Barrientos, Cajamarca, San Francisco, Veta de Barro, San Celestino, San Juan y Los Andes.



*Figura 10a. Sistema antiguo de Concentración gravimétrica (canaletas).*



*Figura 10b. Sistema modificado.*

**Amalgamación:** En cuanto a este proceso se han variado los procedimientos para su operación, y se han incorporado diseños modificados para los equipos empleados en la recuperación del mercurio,

formando así un circuito cerrado que evita en un alto porcentaje la contaminación por este metal.

- Proceso de Molienda y Amalgamación: Los barriles o tambores amalgamadores usados en la región (*Figura 11*), han operado a velocidades cercanas y/o superiores al 100% de la velocidad crítica del barril, y el Proyecto recomendó ajustar velocidades de operación entre 60 y 70% de esta velocidad crítica teniendo en cuenta que la molienda y amalgamación se realizan simultáneamente de acuerdo con la cultura de los mineros de la región. El ajuste de la velocidad permitió mejorar la eficiencia de la molienda y reducir la tendencia a la “atomización” ó “pulverización” del mercurio; de la misma forma se han recomendado variaciones en el factor de llenado, en la relación sólido:líquido, en la cantidad de mercurio a incorporar (previamente activado), y en la cantidad de cuerpos molidores.



*Figura 11. Tipo de barril o tambor amalgamador utilizado en la región.*

- Sistema de Tratamiento de Amalgamas: El Proyecto Río Suratá ha diseñado, desarrollado y comprobado la eficiencia de un modelo propio de retorta de destilación / sistema de calentamiento (*Figura 12*), para recuperar el mercurio presente en las amalgamas en un tiempo aproximado de 10 minutos y con gastos mínimos de combustible. El modelo de la retorta ha sido una modificación al diseño de MEDMIN (Guía Técnica No. 1). En la región se han distribuido gratuitamente 78

sistemas de tratamiento de amalgamas y su aplicación en campo tiene los primeros claros indicios de efectividad y aceptabilidad por parte de los usuarios.



*Figura 12. Modelo propio de sistema de tratamiento de amalgamas. En primer lugar el quemador, luego la hornilla, después la retorta y por último el receptor del mercurio destilado.*

- Sistema de Lavado de Barriles: En la región el lavado de los barriles se realiza manualmente implicando pérdidas de mercurio y oro en las colas, las cuales son vertidas a las fuentes hídricas de manera directa o indirectamente. El Proyecto modificó el diseño de un elutriador que facilita el lavado de los barriles y con el cual se recupera una muy buena parte del mercurio y amalgama contenida en el barril. El modelo inicial está referido al diseño de MEDMIN (Guía Técnica No. 3); este elemento con las modificaciones realizadas puede ser operado con líneas de baja presión hidráulica como las de la red domiciliaria (*Figura 13*).



*Figura 13. Fotografía que muestra el sistema para el lavado del barril. Nótese a la izquierda el elutriador modificado por el Proyecto Río Suratá.*

- Activación del Mercurio Recuperado en las Etapas Anteriores: Para cerrar el ciclo del mercurio en la minería aurífera, el metal recuperado en las etapas anteriores debe activarse. Es aconsejable utilizar un “activador” (*Figura 14*), dispositivo que trabaja por electrólisis utilizando cátodo de mercurio y una solución salina (10 a 15% de concentración) que al entrar en contacto con una corriente de 12 voltios genera una amalgama de sodio. El modelo de activador ha sido tomado de la propuesta de MEDMIN (Guía Técnica No. 8) y debe ser usado momentos antes de reutilizar el mercurio en el proceso.



*Figura 14. Activador de mercurio conectado a una batería de 12 voltios para limpiar la superficie del mercurio recuperado en las etapas anteriores.*

Plantas Típicas: El Proyecto a partir de marzo del año 2.000, reorientó sus actividades técnicas hacia la implementación de dos (2) plantas típicas una en Vetás [“La Peter” (*Figuras 15a y 15 b*)], y la otra en California [“La Plata” (*Figuras 16a y 16b*)], modificando los procesos llevados en cada una de ellas; el Proyecto proponiendo y realizando algunos cambios, pretende convertir estas plantas en “escuelas” ó “sitios demostrativos” en donde se refleje que con mejoras técnicas para la recuperación de oro se puede lograr una reducción significativa de la contaminación. A fines del año 2.000 se realizaron los acondicionamientos de obras civiles y se iniciaron las pruebas técnicas de los equipos antes de instalarlos en campo. A mediados del año 2.001 se consiguieron resultados en cuanto a la molienda



*Figura 15a. Instalaciones sin modificar de La Peter (Vetas).*



*Figura 15b. Modificaciones en La Peter (Vetas). Concentrador en espiral y canaletas.*



*Figura 16a. Antiguas instalaciones de La Plata (California).*



*Figura 16b. Cambios efectuados en La Plata (California).*

verificando sus parámetros ya sea con molino de bolas (La Peter) ó con molino californiano (La Plata), y controlando la cantidad y calidad del agua que ingresa al proceso. En cuanto a la concentración gravimétrica se introdujeron cambios tecnológicos con la instalación de una mesa concentradora en “La Plata”, y de un jig, un hidroclasificador, un concentrador en espiral y canaletas en “La Peter” variando los flujogramas en cada una de estas plantas. Finalmente en “La Plata” se alcanzaron a realizar trabajos durante dos ciclos de cianuración por percolación encontrando resultados positivos en cuanto a reducción en el 40% del consumo de cianuro e incrementando sustancialmente la productividad.

Asesoramientos Puntuales: Durante los trabajos en campo también se atendieron algunas inquietudes de los mineros; se realizaron pruebas preliminares de cianuración por agitación con tanques tipo “Pachuca” en California aprovechando la inyección de aire para la agitación de pulpa muy fina que dificulta el proceso de percolación del cianuro. Las pruebas en las plantas de estos mineros arrojaron valores de recuperación de oro por el orden del 70%.

### **3.1.3 Laboratorios de Vetas y California**

Una medida para garantizar la sostenibilidad del Proyecto a través del tiempo, es la puesta en marcha de estos laboratorios. Para ello la comunidad construyó la locación, las instituciones colombianas destinaron recursos para acondicionar el ambiente de trabajo, y la contraparte alemana ha entregado los equipos mínimos de dotación de estas instalaciones para su uso futuro, y ha capacitado a las personas que atenderán el servicio del laboratorio (especialmente ensayos al fuego). Por último la contraparte nacional ha destinado recursos económicos para costear la mano de obra al inicio del funcionamiento, y con recursos alemanes se apoyará el comienzo de las operaciones en estos laboratorios.

## **3.2 EN SOCIOLOGÍA**

El trabajo de carácter social se ha desarrollado en tres períodos separados en el tiempo. De julio de 1.997 a Mayo de 1.998, las actividades de campo estuvieron enfocadas preferencialmente a la capacitación de la comunidad educativa apoyados en el concepto de educación ambiental en colegios y escuelas; igualmente se sensibilizó la comunidad en aspectos ambientales a través de talleres y reuniones cuyos recursos didácticos consistieron en afiches y volantes distribuidos entre la comunidad. Después de este trabajo (durante el segundo semestre de 1.998) se planificaron actividades buscando distribuir información del Proyecto entre la Comunidad. Por último desde junio de 1.999

hasta la fecha se ejecutaron medidas de orden social dentro de una planificación concertada con los mineros tratando de fortalecer las agremiaciones mineras, de apoyar las realizaciones técnico-metalúrgicas-ambientales del Proyecto en la región, y de mejorar la comunicación entre el Proyecto y la comunidad en general con énfasis en los mineros.

Durante este último trabajo se ha requerido del trabajo social un intenso apoyo en campo convocando y socializando las propuestas técnicas del Proyecto para integrar a la comunidad en cuanto a los alcances, propósitos y resultados obtenidos durante la ejecución de las diferentes labores. Un ejemplo particular fue la introducción de la retorta y su sistema calentamiento, para la cual fue necesario un proceso preliminar de sensibilización con charlas médicas (*Figura 17*) en las que se indicaron los perjuicios que trae consigo el uso indiscriminado del mercurio, para posteriormente enseñar a manejar y entregar gratuitamente la retorta y su sistema de calentamiento. Posterior a ello la Sección Social aplicó una encuesta para conocer su utilización, encontrando que cerca del 80% han utilizado al menos una vez el sistema de tratamiento de amalgamas, y que todas las instalaciones formales la utilizan como utensilio de trabajo.



*Figura 17. Registro fotográfico de una charla sobre intoxicaciones con mercurio dictada por médicos a niños de la región minera.*

### 3.3 EN INFORMÁTICA

El Proyecto Río Suratá ha creado una propia Base de Datos(Figura 18) para almacenar la información y proceder a efectuar su análisis, pudiendo determinar la efectividad a corto, mediano y largo plazo de los cambios propuestos y en ejecución. En esta Base se registran los datos obtenidos tanto por el Proyecto Río Suratá en las plantas mineras, como por las instituciones que monitorean y controlan las aguas de este río [autoridad ambiental regional (CDMB) y Acueducto de Bucaramanga].



Figura 18. Formulario de entrada inicial a la Base de Datos.

### 3.4 OTROS ASPECTOS

La institucionalidad del Proyecto se ha fortalecido en referencia a la instalación de infraestructura necesaria para garantizar un enfoque integral al Problema. Es así como en Bucaramanga se utilizan dos (2) laboratorios ubicados en la Finca La Esperanza: uno de la CDMB (“laboratorio de aguas, suelos y aire”), y el otro construido y dotado por el Proyecto.

#### **3.4.1 Laboratorio de Aguas, Suelos y Aire de la CDMB**

En este laboratorio se realizan los análisis de las muestras (agua y sedimentos) obtenidas durante el monitoreo de la CDMB para mercurio y cianuro en el río Suratá. Allí igualmente se realizan las lecturas para determinar la cantidad de oro presente en las soluciones cianuradas provenientes de las plantas de beneficio ubicadas en la región. Este laboratorio es una herramienta de apoyo muy importante para el Proyecto por su confiabilidad y aportes técnicos a la realización del mismo.

#### **3.4.2 Laboratorio del Proyecto**

El personal técnico del Proyecto realiza las investigaciones propias de su trabajo en unas instalaciones acondicionadas y equipadas para simular los procesos de beneficio mineral y su respectivo control (especialmente ensayos al fuego, ataques químicos, y pruebas de amalgamación lo mismo que de cianuración. Durante los períodos en los que no se puede asistir a los mineros directamente en sus instalaciones o en los períodos programados, se simulan procesos metalúrgicos y se analizan muestras de los materiales provenientes de la región minera.

#### **4. FUTURO DEL PROYECTO**

En atención a las condiciones de orden público y al estado actual de los logros obtenidos tanto en Vetas como en California, el personal técnico adscrito al Proyecto Río Surata se ha dedicado a realizar investigación sistemática en el laboratorio de Bucaramanga con la colaboración de los mineros interesados específicamente en temas como cianuración, refinación y purificación de oro, para que en el futuro próximo se puedan implementar nuevos cambios en las instalaciones mineras siempre buscando simultáneamente incremento en productividad y disminución de los niveles de contaminación. Cuando existan las mínimas condiciones para seguridad en el campo, los integrantes del Proyecto reanudarán su trabajo en Vetas y California para replicar los resultados obtenidos durante sus investigaciones en el laboratorio de Bucaramanga. En este momento se requerirá nuevamente del apoyo social básicamente para socializar y difundir las propuestas de trabajo del Proyecto y para iniciar el proceso de capacitación a los mineros.

La sección de informática continuará en Bucaramanga ejecutando sus labores de aseguramiento continuo de la información, actualizando los datos generados por el Proyecto, y continuará modelando la aplicación de la Base de Datos.

Una tarea fundamental para garantizar la sostenibilidad del Proyecto es la construcción de equipos para minería en Bucaramanga. A pesar de que Vetas y California están muy cerca de esta ciudad, la fabricación y compra de equipos para minería se realiza en Medellín. Por tanto el Proyecto ha elaborado planos de construcción de equipos para beneficio mineral con sus modificaciones, para que en el futuro cercano se puedan fabricar y adquirir en Bucaramanga.

Adicionalmente debe trabajarse en la puesta en marcha de los laboratorios de Vetas y de California con especial énfasis en el trabajo social que induzca a los mineros a iniciar el cambio procedimental en sus instalaciones de beneficio.

## 5. CONCLUSIONES

Los procesos realizados por la pequeña minería aurífera desarrollada en Vetas y California contaminan con mercurio y cianuro las aguas del río Suratá. Para reducir en la fuente las descargas de estos contaminantes, se planificó el Proyecto “Reducción de la Contaminación Ambiental Debida a la Pequeña Minería en la Cuenca del Río Suratá” con el apoyo de los gobiernos colombiano y alemán.

El problema de contaminación está agravado unos 40 km más abajo de la región minera, por la presencia de infraestructura para potabilización de agua (Planta Bosconia). Esta Planta produce regularmente el 40% del agua potable para la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana con una población cercana al millón de habitantes.

Igualmente debe reconocerse que las características socio-culturales y las condiciones de orden público en la región dificultan el accionar normal del Proyecto; producto de ello han sido las frecuentes interrupciones del trabajo en campo que impidieron un desarrollo regular de las actividades.

Como medidas ejecutadas por el Proyecto en Vetas y California se menciona la instalación de canaletas y la implementación de dos (2) plantas típicas mejorando molienda, concentración gravimétrica y amalgamación. Pueden calificarse como exitosas las experiencias en cuanto a la eficiencia y uso del sistema de tratamiento de las amalgamas, las mejoras introducidas en las plantas típicas con la instalación de equipos para beneficio de minerales, y el mejoramiento de la cianuración por percolación en La Plata (California).

Por las particulares condiciones socio-culturales de estas comunidades, es muy importante incorporar un trabajo específico en las ciencias sociológicas para apoyar el trabajo técnico en el campo socializando sus propuestas de cambio.

Para el trabajo institucional mancomunado es fundamental desarrollar la Base de Datos en donde estén almacenados los registros de interés para el Proyecto los cuales deben ser analizados para programar las futuras actuaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

COMPAÑÍA DEL ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P. (CAMB), 2000. Registros entregados magnéticamente por el jefe de la Planta Bosconia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA (CDMB), 2.000. Registros suministrados en forma magnética por personal del Grupo de Vertimientos, Coordinación de Seguimiento y Monitoreo, Subdirección de Normatización y Calidad Ambiental.

HARTNAGEL, B., CRAMER, C., y BERMÚDEZ, R., 1.994. Bericht über die Prüfung eines Antrages auf technische Kooperation. Projekt: Verminderung der Umweltbelastungen durch Kleinbergbau in Bucaramanga. Informe Interno BGR, p. 17.

MEDMIN. Programa: Manejo Integrado del Medio Ambiente en la Pequeña Minería. Equipos y Métodos para la Recuperación de Oro. Guías Técnicas.