

# Investigaciones Realizadas en la Facultad de Minas

## DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

### METODO DEL ENSAYO DE JARRAS PARA LA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE DISEÑO DE UNA PLANTA POTABILIZADORA.

Por:

Jorge Arturo Pérez Parra.

Proyecto presentado el 21 de febrero de 1986.

#### OBJETIVOS

**Objetivos Generales.** Establecer una relación entre la calidad del agua que se va a acondicionar y los parámetros de diseño de las unidades en que son realizados los procesos de tratamiento a través del ensayo modificado de jarras, lo cual contribuye a la racionalización de los diseños, ya que se considera la influencia de la calidad del agua cruda sobre los valores adoptados.

**Objetivos Específicos.** Desarrollar un manual de procedimiento para ejecutar el ensayo modificado de jarras, ilustrando el método mediante la experimentación en dos diferentes tipos de fuentes de agua cruda; se determina la remoción de turbiedad y color respectivamente con el propósito de establecer las condiciones críticas de calidad dentro de un ciclo hidrológico completo, que incluya condiciones de verano e invierno, y poder definir de esta forma cuáles son los parámetros que deben ser utilizados para el diseño, de tal manera que los reactores sean dimensionados en forma óptima, considerando factores como dosis de coagulante, intensidad de mezcla, tiempo de detención, consumo de energía, especificaciones de los equipos, etc.

**Importancia del Trabajo.** La tecnología del ensayo modificado de jarras, se constituye en una valiosa herramienta para ser utilizada por los ingenieros proyectistas en el diseño de plantas de tratamiento ya que proporciona criterios para la selección de parámetros

fundamentales utilizando los datos obtenidos en el laboratorio y permite el reemplazo de la generalizada costumbre de emplear parámetros de tipo general, los cuales no siempre conducen a soluciones óptimas.

#### ESTUDIO DEL EQUILIBRIO EN RIO

**Investigador:** I. P. Oscar J. Mesa S.

#### OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Formular un modelo matemático que represente las relaciones de equilibrio en ríos y las respuestas que se producen ante perturbaciones de dicho estado. El modelo estaría conformado por un sistema de ecuaciones diferenciales que relacionen las principales variables involucradas: caudal líquido y sólido, pendiente, tamaño del material de fondo, velocidad, propiedades geométricas e hidráulicas de la sección transversal, longitud de onda de los meandros, etc. La formulación de las ecuaciones debe tener una base física apropiada a los procesos que se pretenden describir. El análisis de estabilidad del sistema de ecuaciones diferenciales debe corresponder a la descripción cualitativa contenida en la literatura geomorfológica y discutida en el numeral 3.1.
- Identificar físicamente los parámetros del modelo desarrollado. Es decir, proporcionar metodologías que permitan estimar o medir los parámetros del modelo en forma independiente para que de ser un modelo descriptivo pase a ser un modelo predictivo.

Este objetivo es bastante más exigente que el anterior. Por ejemplo, la contribución de Einstein (1905) al conocimiento del movimiento Browniano no fue la formulación de las ecuaciones, que ya eran conocidas, sino la interpretación del fenómeno dentro de la teoría atómica y la evaluación de coeficiente de dispersión usando la teoría de la viscosidad de Stokes. Fue esto lo que permitió la primera confirmación experimental de la teoría atómica con

la determinación del número de Avogadro (Chandrasekhar, 1943, pág. 51). En este sentido, este objetivo puede ser de difícil consecución, pero sin embargo conviene mantenerlo como un objetivo explícito.

- Desarrollar procedimientos analíticos y/o numéricos para solucionar las ecuaciones del modelo en y cerca al equilibrio. En particular interesa la cuantificación de la respuesta del sistema a desplazamientos típicos del punto de equilibrio producidos por perturbaciones del hombre: Rectificación de cauces, cambios en el caudal líquido producidos por desviaciones, cambios en el caudal sólido producidos por embalses o actividades mineras, etc.
- En forma secundaria y dependiendo del éxito alcanzado en los anteriores objetivos, se tratará de aplicar el modelo a casos específicos seleccionados de ríos colombianos o extranjeros para los cuales no sea difícil recoger la información necesaria. En principio, el modelo a desarrollar pretende ajustarse a una descripción cualitativa de las relaciones cercanas al equilibrio, disponible en la literatura. La aplicación a casos específicos no es pues necesaria para su desarrollo.

#### USUARIOS DIRECTOS Y FORMAS DE UTILIZACION DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

La comunidad científica y técnica es el usuario directo de los resultados de este proyecto. Se espera que el modelo permita mejorar el conocimiento cuantitativo del comportamiento de los ríos y quebradas. Esto puede redundar en las siguientes actividades:

- Estudios de estabilidad en el diseño de canales.
- Estudios de los efectos producidos por obras civiles en ríos y quebradas.
- Estudio de las medidas necesarias para el control de ríos.
- Estudios geológicos en cuencas en las que la evidencia geomorfológica pueda interpretarse más precisamente y por lo tanto permita mejores interpretaciones sobre los eventos geológicos pasados.
- Estudios geomorfológicos de redes de drenaje, de acuerdo a lo mencionado en el numeral 3.1 y en Mesa (1986).

Una lista incompleta de situaciones concretas y relevantes en el país, en las que un mejor conocimiento de las relaciones de equilibrio en ríos sería de evidente utilidad es la siguiente:

- Continuos problemas de sedimentación en el río Magdalena y el canal del Dique que dificultan la navegación.
- Formación de barras en la desembocadura del río León al golfo de Urabá. Esto ha obligado a los bananeros a realizar costosos dragados.
- Graves problemas de socavamiento y erosión en el Nechí y bajo Cauca, producidos por aumentos exagerados de la carga de sedimentos como resultado de la minería.
- Canalizaciones y cubrimientos de quebradas de alta pendiente en varias ciudades, sin estudios apropiados sobre los efectos de dichas rectificaciones.
- Problemas generales de sedimentación en embalses construidos para hidroeléctricas o acueductos. En forma específica conviene mencionar el caso del embalse de Troneras y los efectos adversos que ha producido sobre la población de Carolina en Antioquia o el embalse de Anchicayá en el Valle.
- Efectos secundarios del reciente lahar del nevado del Ruiz en los cauces de ríos afectados. Por ejemplo Honda y Mariquita sufrieron estas consecuencias.
- Posibles problemas producidos por transvases de ríos de su cuenca natural a otra por motivos de proyectos hidroeléctricos. Por ejemplo, el proyecto de Río Grande II, Chivor, Quetame y Guayabetal, el proyecto de Jaguas, el de Calderas y otros más. En algunos casos llega a duplicarse el caudal natural. Adicionalmente, está el efecto en las cuencas con reducción drástica del caudal líquido.

Evidentemente, este proyecto sólo apunta a aspectos básicos relacionados con la problemática técnica presente en las anteriores situaciones y no pretende entregar soluciones mágicas. Sin embargo, esta lista sí muestra la necesidad de avanzar en la comprensión del problema del equilibrio en ríos y las posibles ramificaciones y formas de uso que los resultados de este proyecto pueden llegar a tener, como parte de programas de investigación más amplios y multidisciplinarios. Por lo demás, este caso ilustra muy bien cómo en Colombia no sólo se puede sino que se tiene que hacer investigación básica, que aunque no es aplicada directa-

mente sí tiene conexiones muy claras con grandes problemas nacionales.

Para terminar este numeral, traducimos libremente de Mackin (1948):

"Con respecto al control de ríos por el hombre; en general, la siguiente es una afirmación prudente: el ingeniero que altera las relaciones naturales de equilibrio, bien sea por desviaciones o embalsamientos o por rectificaciones y canalizaciones, se encuentra a menudo con que tiene cogido el toro por la cola en vez de por los cachos y lo peor es que no lo puede soltar, puesto que tiene que continuar tomando toda una serie de medidas correctivas para aliviar los efectos indeseables producidos por la reacción en cadena que su perturbación inicial desencadenó. Es claro que en el futuro la ingeniería tendrá necesariamente que poner un énfasis creciente en los estudios de los aspectos genéticos del equilibrio, para poder trabajar con los ríos y no contra ellos o meramente sobre ellos".

#### PRINCIPALES EFECTOS CIENTIFICOS Y/O TECNOLOGICOS DEL PROYECTO

El principal efecto de este proyecto es el mejoramiento del conocimiento actualmente disponible sobre el comportamiento de ríos. Este avance tiene implicaciones en geomorfología, hidráulica fluvial, geología e ingeniería. Aunque de difícil clasificación, el problema a tratar pertenece más directamente a la geomorfología, pero desde una perspectiva más general y menos casuística. También puede enmarcarse dentro de la hidrología en el sentido de que tanto el transporte de agua y sedimentos son estudiados por ella, pero la hidrología toma como dadas las características de los ríos. Además, la hidráulica fluvial asume el problema a escalas de tiempo mucho menores de las aquí planteadas. Podríamos decir que ese estar en el borde de varias disciplinas es una de las razones para que este problema esté tan estancado. A largo plazo, uno de los posibles efectos de este trabajo puede ser contribuir a la formación de una disciplina propia que estudie los ríos, que se llamaría potamología según Schumm (1972, pág. 41), y que incluiría aspectos de la hidrología, la geomorfología, la hidráulica fluvial y la ecología.

A más corto plazo este proyecto contribuye a la formación y consolidación de una línea de investigación y escuela con evidentes repercusiones en la docencia.

### SIMULACION HIDRODINAMICA Y DE TRANSPORTE POR DIFUSION (SALINIDAD) PARA CIENAGA DE SANTA MARTA, BAHIA DE CARTAGENA Y BAHIA DE TUMACO.

#### OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente proyecto busca montar en un computador digital el modelo hidrodinámico por capas desarrollado por el investigador japonés Matsuto Kawahara. Dicho modelo permite realizar la simulación de corrientes producidas por las mareas, en una zona cercana a la costa (la región de interés de este proyecto es la zona costera). El modelo se basa en las ecuaciones generales de la mecánica de fluidos (ecuaciones de Navier-Stokes). Adicionalmente al fenómeno puramente hidrodinámico, se estudiará el fenómeno de difusión (salinidad en este proyecto específico), mediante el acople de la ecuación de difusión al conjunto de ecuaciones generales de hidrodinámica (ecuaciones de Navier-Stokes). Previa verificación de los resultados del modelo con casos teóricos o casos descritos en la literatura, el modelo se aplicará a una laguna costera y a dos bahías colombianas: la ciénaga de Santa Marta, la bahía de Cartagena y Bahía Tumaco. La escogencia de estas dos bahías y la laguna se hizo luego de verificar que los resultados del modelo son de interés a dos instituciones que estudian diversos tópicos de las zonas costeras: El Instituto de Investigaciones Marinas Punta Betín (INVEMAR) con sede en Santa Marta y el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) en Cartagena.

En el caso concreto de la ciénaga de Santa Marta, el proyecto busca aportar la infraestructura necesaria para el entendimiento del comportamiento de los componentes físico-químicos de la ciénaga Grande de Santa Marta. El análisis (simulación) de las corrientes (circulación) generadas por las mareas o generadas por las fuentes de agua dulce de la ciénaga y por el viento forma la pieza básica para la formulación de cualquier modelo que pretenda obtener predicciones de fenómenos difusivos como salinidad, transporte de sedimentos, contenido de oxígeno disuelto, transporte de nutrientes para las diversas especies que habitan la ciénaga, desplazamientos del zoopláncton y del fitopláncton, entre otros. Tales son los objetivos del INVEMAR a largo plazo.

En los casos de las bahías de Cartagena y Tumaco, foco de interés del CIOH, el proyecto busca actualizar los estudios, por medio de un modelo sofisticado como el propuesto aquí, para la bahía de Cartagena, dejando abierta la posibilidad de la aplicación del modelo para

los estudios sobre transporte de sedimentos y de contaminantes. En cuanto a bahía Tumaco, el proyecto busca aportar la infraestructura para los estudios hidrodinámicos y de fenómenos difusivos que cobrarán importancia con la entrada en operación del oleoducto colombiano que llega precisamente a bahía Tumaco. El CIOH tiene una base experimental en la bahía.

Consideramos que los estudios de las circulaciones y de la difusión de la salinidad en una región cercana a la costa, forman la base de los estudios que deben realizarse para dicha zona. Adicionalmente, el montaje de un modelo como el propuesto en un computador digital, permite gran versatilidad en el estudio de los diversos parámetros que intervienen en dichos fenómenos.

## IMPACTO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO

El presente proyecto trae implicaciones científicas y académicas, directamente, para el postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de la Facultad de Minas, e implicaciones tecnológicas, por la utilización de los resultados, para el INVEMAR y para el CIOH. El mencionado postgrado obtiene beneficios académicos y científicos del proyecto puesto que en el montaje y desarrollo matemático del modelo estarán participando: a) un estudiante de postgrado cuyo tema de tesis es precisamente el montaje y aplicación del modelo hidrodinámico y del estudio de salinidad aquí propuestos; b) cuatro profesores de la Sección de Mecánica de Fluidos que cubren las áreas de hidrodinámica, planeamiento de recursos hídricos y matemáticas. Adicionalmente, y gracias al convenio ICFES-BID-U, NACIONAL para el apoyo de los postgrados, el proyecto contará con la visita del experto internacional Leo Van Rijn del Instituto de Hidráulica del Delft, Holanda, quien ha aceptado la invitación hecha por el postgrado para el año de 1988.

En cuanto al INVEMAR, los beneficios que este proyecto aporta se refieren a la utilización de los resultados de la aplicación del modelo a la ciénaga de Santa Marta. Algunas utilizaciones de dichos resultados serían: a) determinación de los patrones de flujo de la ciénaga en períodos de inundación (temporada de lluvias en el interior del país) y de estiaje; b) el modelo hidrodinámico forma la base para el montaje de cualquier modelo trófico y de cualquier modelo que estudie la calidad del agua, las variaciones de la salinidad, etc.; c) con los resultados aquí obtenidos se pueden hacer análisis del comportamiento de la boca de entrada de la ciénaga; d) a partir de los resultados del estudio de salinidad se puede entender el comportamiento de ciertas especies (desplazamientos, por ejemplo).

Los beneficios que el presente proyecto ofrece al CIOH se refieren a la actualización de estudios ya realizados y a la iniciación de estudios básicos para las bahías propuestas. En el caso de bahía de Cartagena, el proyecto ofrece actualización de estudios (en 1977 el investigador J. D. Wang modeló la bahía con su modelo de dos capas) por medio de un modelo más sofisticado y que no presenta problemas matemáticos a sus resultados (el modelo de Wang presenta oscilaciones "nodo a nodo" (Gray, 1982)). En el caso de bahía Tumaco el presente proyecto ofrece obtener los estudios básicos para la bahía: corrientes características inducidas por las mareas y el análisis de la salinidad. La predicción de las corrientes características de la bahía tiene gran importancia por la presencia del muelle petrolero, punto de llegada del oleoducto colombiano. Para cualquiera de las dos bahías (Cartagena o Tumaco) se pueden realizar algunos estudios hidrodinámicos específicos relacionados con la geometría misma de las bahías.

## IMPACTO SOCIAL Y ECONOMICO

En el campo social, el proyecto busca la asimilación de tecnología ampliamente utilizada por países desarrollados. La asimilación de tecnología se refiere a la calificación de personal colombiano en la metodología de simulación por medio de modelos matemáticos de fenómenos físicos de la vida real. También cabe mencionar el efecto académico que trae el proyecto para el postgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, pues este tipo de proyecto exige, por parte del postgrado, el ofrecimiento de cursos relacionados con el tema de investigación, dándose así una divulgación de las nuevas técnicas físico-matemáticas que se van desarrollando. Evidentemente, la comunidad científica se beneficiará de los estudios y resultados del proyecto, por medio de informes y publicaciones de circulación amplia, acerca de lo realizado.

En cuanto al impacto económico del proyecto, se puede decir que no es fácil de determinar, pues el proyecto es del tipo investigación académica con aplicación a casos reales. Los beneficios económicos del proyecto aparecerán como beneficios indirectos, así por ejemplo, el estudio de las variaciones de la salinidad en la ciénaga de Santa Marta, aporta significativamente al estudio del comportamiento, localización y desplazamientos de diversas especies de peces que forman parte de la actividad económica de los habitantes humanos de la ciénaga. También se puede mencionar el hecho de que INVEMAR y el CIOH mejoran su infraestructura logística necesaria para el desarrollo de sus investigaciones, ahorrándose el servicio de expertos extranjeros que vendrán a colaborar en la formación de dicha infraestructura logística.

# DEPARTAMENTO DE RECURSOS MINERALES

## PROYECTO ESPECIAL: PROCESAMIENTO DE MINERALES AURO-ARGENTIFEROS

### Coordinador:

Luis Alberto Meza Saucedo

Profesor Asociado

Director Ejecutivo CIMEX

Período: 1985 - 1988

Proyecto Multinacional de Metalurgia

Organización de Estados Americanos

Centro de Investigación en Metalurgia Extractiva

- CIMEX

Facultad Nacional de Minas

Universidad de Colombia

Septiembre, 1988

### DESCRIPCION SUSTANTIVA DEL PROYECTO

#### Antecedentes y Fundamentación

La extracción de metales preciosos (oro, plata, platino) ha sido la actividad minera más tradicional y arraigada del país, tanto que en el siglo pasado llegó a ser el primer productor mundial de oro y en la actualidad ocupa el 9º lugar.

En Colombia existen seis distritos principales de explotación minera auro-argentífera a partir de minerales polimetálicos: Bajo Cauca y Nordeste en Antioquia, Chocó, Viejo Caldas, Tolima, Huila, Nariño y California y vetas en Santander. Sin embargo el 83% de la producción nacional se origina en el departamento de Antioquia. Este hecho sumado al que los problemas minero-metalúrgicos de los seis (6) distritos presentan similitud, permite seleccionar el área de Antioquia, Caldas, Chocó como un área piloto para estudiar las soluciones adecuadas a cada uno de estos problemas.

Las explotaciones de los metales preciosos en la zona piloto es realizada por pequeñas, medianas y grandes empresas que laboran en yacimientos tanto de aluvión, como de veta, siendo estos últimos, los que se presentan en mayor escala.

La explotación a gran escala la ejecutan empresas tales como: Mineros de Antioquia, (la antigua Pato Gold Mines), Frontino Gold Mines, Mineros del Chocó, y las Minas Nacionales de Marmato, representando aproximadamente el 20% de la producción. El 80%

restante de la producción total de oro y plata del país está representado por los pequeños y medianos mineros en los que se puede agrupar a un alto porcentaje de la población campesina.

La infraestructura que presenta este sector hace que la producción sea muy baja pues tanto los equipos como las técnicas empleadas son obsoletos. Esto se debe a que la actualización en cuanto a equipos y técnicas de beneficio se encuentran bastante atrasados, ya que en el país la investigación en este campo, ha sido muy poco fomentada y por tanto no se dispone de medios suficientes para mejorar e implementar nuevos procesos.

Los grupos típicos de problemas detectados son:

- Aquellas empresas especialmente dedicadas a la explotación en minerales de veta cuentan con yacimientos ricos en metales básicos como Cu, Pb, Zn, Sb, sin embargo en su mayoría sólo producen concentrados primarios ricos en oro y plata que dedican a la exportación y que con frecuencia son penalizados, pues las fundidoras hacen las liquidaciones considerando dichos metales básicos como impurezas.
- Existe además el caso de las empresas cuya función principal es producir concentrados de metales básicos (Cu, Zn, Pb, Sb), y las que a pesar de contar con la presencia de metales preciosos en su yacimiento, se conforman con las bonificaciones por la presencia de oro y plata asociado al concentrado. Esta situación se debe al desconocimiento de la distribución del oro entre las especies que conforman el mineral y por tanto la ausencia de procesos instalados para la recuperación de los preciosos.
- La presencia de oro finamente diseminados no recuperable por procesos convencionales.
- La existencia de oro superficialmente modificado por fenómenos de oxidación e impurezas grasas.
- La extracción de metales preciosos desde menas con especies refractarias a la lixiviación con cianuro.
- La recuperación de metales preciosos con presencia de materia carbonosa.
- En la actualidad la extracción de metales preciosos por cianuración se ejecuta generalmente usando la técnica de percolación, la cual da un rendimiento de sólo el 50%, dejando en las colas un alto contenido

de metales preciosos lo que justifica, el desarrollo de procesos para recuperar los metales preciosos de estas colas.

La existencia de los anteriores problemas justifica la ejecución de un programa de investigación de alcance nacional, encaminado a resolver problemas ya tipificados y a identificar otros, que afectan la pequeña industria minera de los metales preciosos asociados a minerales polimetálicos, con el fin de prestar asesoría al sector mediante la introducción de mejoras a los procesos ya instalados y el desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías que muestran competitividad con los procesos convencionales; ésta se traduciría en un incremento de la rentabilidad de las explotaciones instaladas, la reapertura de otras que en el pasado han presentado problemas metalúrgicos de difícil solución, y la apertura de explotaciones nuevas. La rentabilidad se incrementará no sólo por el aumento en los rendimientos de extracción de metales preciosos y la optimización de las fórmulas metalúrgicas, sino además porque la producción de concentrados selectivos de metales básicos significará el aprovechamiento de los valores agregados de los yacimientos lo que conducirá, a un mejoramiento de las condiciones del sector campesino dedicado a la actividad minera del país.

#### Objetivo Global

Esta investigación pretende alcanzar seis objetivos fundamentales, orientados todos a introducir mejoras en las operaciones actualmente existentes, a garantizar la operación eficiente de instalaciones que se monten en el futuro y a desarrollar y adoptar tecnologías no convencionales en nuestro medio, con el fin de mejorar las actuales condiciones de beneficio de los minerales auro-argentíferos en el sector de la pequeña minería. Estos objetivos son:

- Buscar soluciones a los problemas metalúrgicos ya tipificados en los seis distritos mineros principales ya identificados.
- Definir los procesos que permitan el aprovechamiento integral no sólo de los metales preciosos sino también de los metales básicos asociados en los yacimientos de minerales polimetálicos.
- Estudiar y adoptar procesos nuevos convencionales en nuestro medio, que pueden plantearse como alternativas para el futuro.
- Prestar asesoría y consultoría al sector de la pequeña industria minera.

- Conformar y fortalecer con base en el CIMEX un centro especializado en el manejo de los problemas y el desarrollo y adaptación de tecnologías en el área de la metalurgia extractiva de los metales preciosos y de los metales básicos asociados.

#### Participación de la OEA

La OEA a través del Programa Especial de Tecnologías y Procesos Metalúrgicos, ha aportado al proyecto durante el cuatrenio (1985-1988) adiestramiento de personal en el exterior, venido de expertos o especialistas para seminarios de alto nivel y la asesoría a grupos de investigación, material de difícil consecución, bibliografía, salario de personal de investigación y equipo de laboratorio que complementa el existente y el que se ha adquirido con la contrapartida nacional.

#### IMPACTO SOCIO-ECONOMICO

El impacto socio-económico del proyecto ha sido grande si se tiene presente que éste fue estructurado para introducir mejoras a los procesos actualmente existentes en la pequeña minería de metales preciosos, especialmente a los pequeños mineros agrupados en las Minas Nacionales de Marmato y a la Mina Echandía en el mismo distrito minero. Las mejoras han logrado incrementar ostensiblemente la recuperación de los metales preciosos, ya que la infraestructura de reducción de tamaño y los métodos de recuperación permiten enviar colas a desecho con la menor cantidad de valiosos.

Para los minerales auríferos refractarios se les ha aplicado técnicas de pretratamiento, específicamente, tostación oxidante con el fin de liberar el oro finamente asociado a la matriz de las piritas refractarias, lo que ha conducido a una mayor recuperación de metales preciosos.

Se han diseñado diagramas de flujo típico, los que indudablemente llevan a un tratamiento racional y eficiente de nuestros recursos minerales.

#### LOGROS ALCANZADOS

##### Metas Realizadas

Durante la ejecución del Proyecto se han logrado finalizar los siguientes estudios:

- Estudios de concentración de flotación colectiva de sulfuros polimetálicos, a los cuales frecuentemente están asociados los metales preciosos.

- Estudios de concentración selectiva por flotación con el fin de obtener concentrados individuales de pirita, galena y esfalerita.
- Amalgamaciones para la recuperación de oro libre grueso.
- Pretratamiento de minerales refractarios, específicamente, tostación de piritas refractarias de la Mina Echandía seguido de cianuración convencional, lo que ha llevado a recuperaciones de oro mayor del 95%.
- Cianuración convencional sobre los conceptos gravimétricos polimetálicos portadores de metales preciosos.
- Estudios de tioureación de concentrados gravimétricos, técnica no convencional la cual se ofrece como una alternativa para un futuro inmediato.
- Estudios de recuperación de metales preciosos a partir de las soluciones cargadas por cementación sobre zinc o aluminio en polvo y adsorción sobre carbón activado.

#### Publicaciones

También durante el período de ejecución del Proyecto se han realizado las siguientes publicaciones a nivel internacional:

- En The Reinhardt Schumann International Symposium on Innovative Technology and Reactor Design in Extractive Metallurgy, Colorado Spring, Colorado U. S. A. Nov. 9-12, 1986:
  1. Hydrometallurgical Treatment of a Colombian Stibnite Concentrate by Luis A. Meza S.
- En II Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, May 25-29, 1987, Rio de Janeiro, Brasil:
  1. Correlación entre los Coeficiente de Masa Experimentales y Estimados para la Cementación de Cobre sobre Gránulos de Zinc, por Luis A. Meza S.
  2. Tioureación de Concentrados Gravimétricos Auro-Argentíferos de la Mina Echandía, por Luis A. Meza S., Irma S. Blandón y Jorge Castro.
  3. Tratamiento Hidrometalúrgico de un Mineral Auro-Argentífero Refractario por Luis A. Meza S. y Luis H. Rivera.

- En la IX Conferencia Interamericana sobre Tecnología de Materiales, Santiago de Chile, Oct. 5-9, 1987:

1. Recuperación de Metales Preciosos Vía Tostación No - Convencional - Cianuración, por Ana C. Gaviria, Luis A. Aguilar y Marta L. Carvajal.
2. Tratamiento de un Concentrado Aurífero Refractario Vía Tostación - Cianuración por Luis A. Meza S., Ramiro Jaramillo y Carlos M. Gómez.
- Para el 1er. Congreso de ALAMET (Asociación Latinoamericana de Materiales y Metalurgia) a realizarse en Rio de Janeiro, del 28 de Noviembre al 4 de Diciembre de 1988, fueron aprobados los siguientes artículos:
  1. Recuperación de Metales Preciosos a partir de una Solución Tioúrica Vía Cementación con Aluminio, por Jorge García y Pablo L. Agudelo.
  2. Extracción de Metales Preciosos a partir de un Concentrado de Estibina mediante Tioureación, por Luis A. Meza S., John B. Cubillos y Carlos López.
  3. Recuperación de Antimonio mediante Cementación sobre Gránulos de Aluminio, por Luis A. Meza, Silvio Gallego y Julián Villaroel.

Para la X Conferencia Interamericana sobre Tecnología de Materiales en San Antonio, Texas, U. S. A., Abril 17-21, 1989, se han enviado los siguientes resúmenes de artículos técnicos:

1. Cianuración de Materiales Aurífero Aluvial por Luis A. Meza S., Beatriz Figueroa y Manuel Boneth.
2. Tioureación de Concentrados Auro-Argentíferos Colombianos con Adición de  $\text{SO}_2$ , por Luis A. Meza S., Henry Madrid y Marco F. Peña.

#### Seminarios

Durante la vigencia del presente informe se han realizado los siguientes Seminarios:

- Seminario sobre Ingeniería de Reducción de Tamaño, Molienda y Clasificación, dictado por el Dr. Leonard Austin, Pennsylvania State University y el Dr. Fernando Concha de la Universidad de Concepción, Chile. Este seminario fue realizado de agosto 25 a 29 de 1986.

- Seminario sobre Materiales Refractarios: Microestructura y Propiedades, dictado por el Dr. Germán Piderit, Universidad de Chile, Santiago de Chile durante septiembre 23 a 25 de 1987.

Para el período septiembre 28 a 29 de 1988 se ofrecerá el Seminario sobre Tostación de Minerales dictado por el Dr. Mario Sánchez, Universidad de Concepción, Chile.

#### Formación de Personal

Durante este período se pueden resaltar los siguientes eventos:

- El profesor Jorge García E., estuvo en Chile por un período de 6 semanas (Agosto-Septiembre de 1985) participando en los siguientes eventos:
  - \* Seminario de Lixiviación Bacteriana, en la Universidad de Valparaíso, Chile.
  - \* Seminario sobre Sistemas Particulados en la Industria Mineral, en la Universidad de Concepción, Chile.
  - \* Congreso de Flotación, en la U. de Concepción, Chile.
  - \* En marzo de 1987 viajó a la U. de Concepción, Chile, el Ing. Moisés O. Bustamante, investigador asociado al Proyecto OEA a participar el Panamericano de Metalurgia Extractiva. Durante 1988 continuó hacia la consecución del título de Magíster en Metalurgia Extractiva.

## DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA MECANICA

#### Informe del proyecto:

#### CONSTRUCCION DE UN EQUIPO DE TEMPLE SUPERFICIAL POR INDUCCION.

Por:

Luis Angel Hincapié, Guillermo Mesa y Gildardo Zapatá.

#### OBJETIVOS:

**Generales.** El proyecto tiene los siguientes objetivos generales:

- La construcción de un equipo para temple superficial, utilizando la inducción electromagnética.
- Implementar la técnica de temple superficial en favor de la docencia y el desarrollo de la investigación.
- Evaluar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de las fundiciones nodulares, obtenidas mediante la realización de temple superficial (mejoramiento al desgaste, a la fatiga, etc.).

Este último objetivo fue planteado en el proyecto "Estudio del Temple Superficial de las Fundiciones Nodulares" y se conserva, ya que aún no se ha logrado satisfactoriamente.

**Objetivos Específicos.** En la primera etapa se tienen los siguientes objetivos:

- Apropiarse de las técnicas utilizadas en temple superficial por inducción que permita la construcción de un equipo con características similares.
- Construir un equipo para temple superficial por inducción y evaluar sus parámetros fundamentales, como son potencia y frecuencia.

En la segunda etapa los objetivos son:

- Patronar el equipo considerando las diferentes variables como son: potencia, frecuencia, tiempo, penetración, diámetro, número de espiras, etc.
- Poner de manifiesto la incidencia de las capas endurecidas superficialmente en las propiedades del material, como son: resistencia a la fatiga, a la tracción, dureza, etc.

#### BENEFICIOS DEL PROYECTO

Desde el punto de vista técnico: El proyecto implica la apropiación de tecnología, por lo tanto, es razonable esperar que como consecuencia del trabajo que se realiza, se obtenga un mayor desarrollo de la técnica de los tratamientos de endurecimiento superficial, con medios tales como la inducción electromagnética.

Desde el punto de vista del medio: El medio es el más favorecido porque recibe beneficios directamente a través de los profesionales que lo conforman en un futuro, los cuales tendrán más herramientas para poder ampliar la utilización de los aceros y fundiciones por el crecimiento adquirido sobre la forma de mejorar la resistencia al desgaste y la fatiga de los materiales que se tratan superficialmente.

Desde el punto de vista económico: El conocimiento adecuado de técnicas de endurecimiento superficial aplicado a las fundiciones, permitirá ampliar el uso de los mismos y si consideramos más, el menor costo con respecto a los aceros, obtendremos beneficios que a largo plazo favorecen al medio. Además, la propiedad característica de la fundición, como es la presencia de grafito, el cual hace de lubricante, aumentará la vida útil de la pieza con respecto al acero en aplicaciones como rodillos de laminación, pifonería, etc.

Desde el punto de vista de los tratamientos: la realización de un tratamiento de endurecimiento con calentamiento total de la pieza, requiere de un alto costo de energía y de largos tiempos para su realización; sin considerar que estos tratamientos afectan en su totalidad a la pieza, hecho que en muchas aplicaciones no es funcional, por requerirse de núcleos tenaces y superficies duras; en estos casos el endurecimiento superficial por inducción, presenta como ventajas el bajo costo de energía, la rapidez del proceso y el poder dar tenacidad al núcleo de la pieza, mientras que su superficie se conserva dura y resistente al desgaste.

#### **PROYECTO: "EFFECTO DEL COBRE EN LA FUNDICION NODULAR AUSTEMPERADA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECANICAS"**

Investigador Principal:  
**HORACIO SIERRA RESTREPO**  
Co-Investigador: **CESAR CHAVEZ ROLDAN**

**Objetivo General:** Se tratará de poner en evidencia el efecto del cobre en la morfología y distribución de los carburos en la bainita, obtenida mediante transformación isotérmica de la fundición nodular. Así mismo se correlacionará este efecto en los carburos con su comportamiento estático y dinámico.

#### **IMPACTO SOCIO-ECONOMICO**

Debido a las bondades propias de la fundición nodular, puede considerarse este material como una excelente alternativa en la fabricación de diversos componentes para maquinaria. Bondades como: Bajo costo (comparado con el acero), excelente colabilidad, excelente maquinabilidad, alta absorción de vibraciones, amplia gama de propiedades mecánicas conservando ductilidad, ahora, con el advenimiento del austempering se ven ampliadas hasta el punto de obtener alta resistencia a la tracción y al desgaste con buena ductilidad y tenacidad.

Mediante la adquisición de un mayor y mejor entendimiento de los diferentes fenómenos involucrados, será posible impulsar un mayor uso de la fundición nodular, generando una menor dependencia tecnológica y a su vez ofreciendo al ingeniero un amplio espectro de propiedades que le permitan obtener soluciones de diseño económicas y viables.

#### **ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO**

A la fecha se han realizado tratamientos de austempering preliminares a 300°C, 325°C, 350°C y 375°C, para identificación de microestructuras y optimización del tiempo de austempering. Así mismo se han evaluado propiedades estáticas y dinámicas de fundición nodular austemperada a 300°C. También se ha hecho intentos de establecer la microdistribución del cobre en la fundición nodular utilizando microscopio electrónico. En el momento se están realizando tratamientos de austempering a 350°C para evaluar el comportamiento estático y dinámico de la fundición nodular. Será sólo cuando se tenga el conjunto de tratamientos realizados, cuando se pueda analizar la información y extraer las conclusiones del caso.

#### **"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE EQUIPOS PARA LA PEQUEÑA MINERIA"**

##### **1. OBJETIVOS GENERALES:**

- 1.1. Poner a disposición de los pequeños y medianos mineros, equipos y tecnologías que permitan incrementar la rentabilidad de sus explotaciones.
- 1.2. Estrechar las relaciones entre la Universidad y el sector de la Pequeña y Mediana Minería, con miras a la tecnificación de los métodos de explotación y beneficio utilizado en la actualidad.
- 1.3. Establecer vínculos reales entre el sector oficial, la industria privada y los pequeños y medianos mineros, con objeto de desarrollar en forma coordinada programas que permitan la tecnificación de las explotaciones mineras.

##### **2. IMPACTO SOCIO-ECONOMICO**

###### **2.1 Minería del Oro en Antioquia:**

La minería del oro es el sector histórico por excelencia de la economía antioqueña y propició el proceso de acumulación de capital que dio inicio a la industrialización del país. Antioquia ha sido siempre el primer productor de oro en el país, con una participación que

oscila entre el 50 y el 80% del total. Si se adiciona la participación chocoana, esta cifra se mueve entre el 70 y el 90%.

El Nordeste del departamento es el núcleo central de esta producción que proviene de explotaciones tanto de veta como aluviales. La producción la comparten dos grandes productores y un grupo heterogéneo de pequeños y medianos mineros. La producción ha venido creciendo a lo largo de los años, pero presenta fuertes fluctuaciones que tiene que ver con la evolución de la economía monetaria internacional y las políticas monetarias internas.

Estos factores han llevado a que el precio real interno del oro casi se triplicó entre 1971 y 1976, mientras que la producción respectiva fue de 186.000 y 300.000 onzas troy. Estas fluctuaciones del precio interno, llevan a que en épocas de bonanza la participación en la producción por parte de los grandes mineros, no llegue a ser siquiera un tercio del total, mientras que en épocas de estancamiento se acerca al 90%. O sea, que el ajuste de la producción está a cargo de los medianos, y en especial de los pequeños mineros (Barequeros, zamorros, matraqueros o machuqueros).

El grupo humano que conforma la Pequeña Minería en Antioquia es difícil de establecer, ya que no se han hecho censos al respecto. Sin embargo, con el ánimo de dar una idea, se puede mencionar que en una de las zonas mineras, la del Bajo Cauca y el Nechí, se estimó que para 1980, no era inferior a 10.000 personas, de las cuales pueden depender entre 40 y 50.000.

Algunas investigaciones realizadas sobre la rentabilidad de las explotaciones mineras, indica que ésta es altamente sensible al grado de mecanización que se introduzca para sustituir tareas de barequeo, que además son pesadas y degradantes. Uno de los vacíos que se observan en la actualidad, reside precisamente en la falta de recursos de crédito, de equipos adecuados y económicos y de un servicio de asistencia técnica eficiente.

Uno de los problemas que afronta el mediano y el pequeño minero, se puede ubicar en el beneficio del mineral aurífero. La tecnología más extendida parte de la utilización de pisones o molinos de California, que no permite un grado de liberación suficiente para que se pueda extraer un porcentaje razonable del oro presente en el mineral.

Es por ello que la aspiración del pequeño y mediano minero, se centra más en mejorar el grado de molienda y los métodos de separación del oro que en au-

mentar el volumen de mineral extraído. Esta aspiración no se puede lograr por la falta de recursos económicos y financieros, por deficiencias en la asistencia técnica y la carencia de equipos en el mercado local.

## 2.2 La Facultad Nacional de Minas:

La creación de la Facultad Nacional de Minas en la década de 1880 es una muestra de la importancia que la minería y en especial la del oro presentaba para los pobladores del Departamento de Antioquia. Es por ello que en 1888 inició labores con el programa de Ingeniería de Minas. Fue único en el país hasta hace pocos años. Así mismo, la Facultad es pionera en la formación de Ingenieros en las áreas de Geología y Petróleos.

La Facultad y sus egresados han estado vinculados al desarrollo del sector de los recursos minerales y de las industrias asociadas al mismo, siendo de destacar su participación en la minería del oro, la producción petrolera y las industrias: Cementera, Siderúrgica y del Vidrio.

La Facultad cuenta con una sólida experiencia y tradición en la minería y el beneficio de minerales. En la actualidad cuenta con dos centros especializados, uno en carbón y otro en metalurgia extractiva (CIMEX). Este último centro cuenta con un buen laboratorio en el área de la hidrometalurgia y con un personal altamente especializado. Una de sus áreas de trabajo es la del Beneficio de Mirerales Auro-argentíferos, con el apoyo de COLCIENCIAS, la OEA y diversas entidades oficiales y privadas.

De otro lado, el Departamento de Tecnología Mecánica ha venido trabajando desde hace cinco años en el diseño de equipos para el beneficio de minerales. Este trabajo se desarrolló inicialmente mediante proyectos dirigidos de grado y, a partir de 1982, como una investigación con el apoyo de COLCIENCIAS. En la actualidad, ninguna otra Universidad o instituto del país trabaja en este campo.

## 3. LOGROS ALCANZADOS HASTA LA FECHA:

- 3.1 Estudio de Procesamiento de un Mineral Auro-Argentífero procedente de Marmato, Caldas.
- 3.2 Estudio del Diagrama de Flujo para una planta piloto que procesará un Mineral Auro-Argentífero.
- 3.3 Estudio Mineralúrgico e Hidrometalúrgico del mineral Auro-Argentífero procedente de Marmato, Caldas.

- 3.4 Proyectos de grado sobre "Diseños de Molinos de Bolas, clasificadores, Jigs y trituradoras de bolas".
- 3.5 Construcción parcial de molino de bolas, clasificador Akins y Jig. Máquinas que harán parte de la planta piloto a evaluar para la zona de Marmato, Caldas.

Investigador Principal: Jairo Cañón Rodríguez

### **"SECADOR SOLAR MIXTO DE PRODUCTOS VEGETALES"**

#### **OBJETIVOS GENERALES:**

- Incentivar la utilización de secadores solares a fin de evitar los inconvenientes del secado natural y los altos costos del secado con fuentes tradicionales de energía exclusivamente.
- Proveer a los productores agrícolas e industriales de la madera y otros productos vegetales de un producto de buena calidad, mejorando de paso los tiempos de secado.
- Racionalizar la utilización de la energía tradicional a partir de desarrollar calderas alimentadas con desechos sólidos, seleccionando el más adecuado de acuerdo con la región donde se proyecte instalar en secador.
- Mostrar la viabilidad del método para condensar la humedad de un producto utilizando un sistema de refrigeración por compresión de vapor.

#### **IMPACTO SOCIO-ECONOMICO:**

El proyecto aportará a la mediana industria criterios claros para el uso racional de la energía convencional proporcionando a la vez la posibilidad de usar otra fuente como la solar, energía no contaminante y disponible para los usuarios y ajena a los caprichos del mercado mundial.

#### **LOGROS ALCANZADOS A LA FECHA**

A la fecha se ha logrado llevar a cabo:

- Análisis de varios productos a secar: café, banano, madera.
- Visitas a diferentes instalaciones de secado a nivel local.

- Diseño preliminar del secador.
- Rediseño y adecuación de la caldera.
- Elaboración de un perfil de radiación directa para el Valle de Aburrá.
- Análisis de diferentes prototipos de colectores Solares para aire.
- Programa de simulación para el sistema de almacenamiento.
- Adquisición de estructura para el secador y controles para la caldera.
- En la actualidad se trabaja en el diseño definitivo del secador.

La financiación para este proyecto se hace cada día más escasa, lo cual se traducirá inevitablemente en un atraso o parálisis del mismo. Se espera contar con un aporte del Gobierno Suizo.

#### **PROGRAMA DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO FIQUERO**

#### **BREVE INFORME DE PROPUESTA Y REALIZACIONES**

I. Mc. Msc. ALVARO ARREGOCES PRIETO

#### **ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIONES**

Más de 40.000 familias campesinas colombianas dependen en una u otra forma de cultivo, beneficio y procesamiento artesanal de la cabuya, fibra extraída del fique. La cabuya se usa, principalmente, para la confección de costales. Aproximadamente el 80% de éstos se produce industrialmente mientras el 20% restante es manufacturado por los artesanos.

La producción rural del Fique adolece de grandes problemas. Muchos de éstos se encuentran enmarcados en la problemática propia de la producción agrícola del país. Se pueden mencionar entre otros, las deficiencias agronómicas, tecnológicas, de asistencia técnica y crediticias, de mano de obra, de transporte y comercialización y el aferramiento a costumbres tradicionales, comunes a la mayoría de los productos agrícolas. Otros, forman parte de las limitaciones peculiares del cultivo. Aquí se pueden mencionar las condiciones de marginalidad y atomización de los sembrados, los altos riesgos de accidentes en la extracción de la fibra, exigentes normas de calidad, marcada concentración industrial procesadora y una apreciable competencia de fibras sintéticas.

La búsqueda de solución a esos problemas dentro de las condiciones de explotación que el fique impone,

está debidamente justificada en la importancia que el fique conserva dentro de los sistemas de empaque de los productos agrícolas en donde mantiene una demanda más o menos estable; en que es una fuente de ingreso significativo para los agricultores que derivan su sustento del fique como monocultivo, y para los artesanos que transforman la cabuya; y en que parece posible obtener otros derivados de la planta, como sucede con otras similares en México y Brasil. En estos países se han introducido tecnologías apropiadas para el caso, permitiendo incremento en las fuentes de empleo a nivel rural, mayores ingresos para los cultivadores y menor deterioro ambiental por los desechos de la planta fibrosa.

#### TEMA, OBJETIVOS E IMPACTO ESPERADO

El desarrollo de los sistemas de producción y transformación del Fique en Colombia implicaría: a) Mejora de la infraestructura, b) Incremento y estabilidad relativa de la demanda y c) Adecuación de la actual estructura de producción de la cabuya y de otros productos susceptibles de producir del fique.

En diversas instancias del Estado se ha intentado establecer mecanismos que converjan en el desarrollo del sector fíquero nacional y la Universidad colombiana se ha vinculado con el análisis de las necesidades y la formulación de los problemas relacionados con la producción del fique. Representada en esta oportunidad por la Universidad Nacional de Colombia, intenta investigar las posibilidades de articulación de tecnología en los procesos de obtención y procesamiento de la fibra y otros derivados, en armonía con los otros recursos y elementos del sistema. Teniendo en cuenta las características propias del proceso productivo del fique, las ventajas de la economía campesina y las expectativas tecnológicas de los fíqueros, se pretende determinar las condiciones bajo las cuales se podrá transferir tecnología intermedia al sector, aplicando un sistema comunitario de producción y aprovechando todos y cada uno de los componentes de la planta.

Tres fases han sido consideradas convenientes para el alcance de dicho propósito. 1) Desarrollar prototipos mejorados para las necesidades tecnológicas más apremiantes del campesino fíquero (Desfibrar e hilar); 2) Determinar la posibilidad de utilización de medios tecnológicos más adecuados para la producción y el procesamiento primario de la fibra del fique, con base en una organización comunitaria y 3) Estudiar la posibilidad de obtener productos alternos a la fibra derivables de los actuales desechos de la hoja, procesados en centros comunitarios.

Las conclusiones de este estudio podrían conducir a:

- 1) Mejorar las herramientas básicas de trabajo del campesino fíquero permitiendo mayor seguridad, incremento de la capacidad de procesamiento y mejora en la calidad de los productos, lo que redundaría en un aumento de la rentabilidad.
- 2) Definir un plan de desarrollo para el sector fíquero que involucre la generación de nuevas empresas, la reducción del deterioro ambiental y una mejora sustancial en el ingreso de los fíqueros.

Estos aspectos estarían íntimamente relacionados con la liberación de mercados, generación de empleo en el campo y un control más adecuado de las normas de calidad de los productos derivados de la planta del fique.

#### METODOLOGIA Y APOYO INSTITUCIONAL

El programa inicia con el mejoramiento de las herramientas típicas del procesador primario de la fibra, la "Desfibradora" y la "Hiladora". Se pretende además, en este primer paso, determinar las fuentes fundamentales de información para el desarrollo de los otros subproyectos. De otro lado, la construcción y ensayos de modelos servirán para definir la funcionalidad operativa y de campo de los sistemas mecánicos que configurarán los equipos en perspectiva.

Con datos obtenidos en fuentes primarias se hará un diseño teórico de centros de producción los cuales se evaluarán para estimar su comportamiento a nivel técnico-operativo, económico y social. La investigación cubrirá aspectos agronómicos, tecnológicos, económicos, administrativos y sociales. La formación y experiencia de los investigadores ha sido seleccionado teniendo en cuenta la amplia gama disciplinaria que se cubre.

Siendo que se tendrán en cuenta elementos teóricos de diversa índole, las conclusiones surgirían de un conocimiento integral del sistema productivo del fique, lo que haría más apropiada la tecnología a articular. Se buscará también, generar las pautas para la formulación de un programa de industrialización de los equipos, su distribución y acoplamiento, con el adiestramiento de cuadros de campesinos.

La Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín, proporciona las facilidades para que docentes asuman la labor investigativa del programa. El Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Pro-

yectos Especiales "Francisco José de Caldas" -COLCIENCIAS- financia más del 45 por ciento del costo total; se busca también la vinculación del Fondo de Fomento Fíquero, mediante el establecimiento de un convenio con la Asociación Nacional de Fíqueros -ASOFIQUE-, y se espera apoyo institucional del SENNA en aspectos que son de su dominio.

## RESULTADOS ALCANZADOS

Si bien no se considera agotada la búsqueda de documentación que muestre todos los antecedentes de los procesos de desfibrado e hilado del fique, se estima que gran parte de la bibliografía, a nivel nacional, ha sido cubierta.

Siendo que sólo a partir de mayo de 1988 se cuenta con el respaldo monetario, en los últimos tres meses se ha iniciado una etapa de experimentación con miras a determinar variables que servirán de base para los diseños de los prototipos.

En primer lugar, se hizo un ensayo orientador respecto a la constitución y al comportamiento de las hojas del fique frente a acciones de descorteza y corte. El ensayo permitió definir tres aspectos que pueden conducir a resultados satisfactorios.

En primer plano, es necesario revisar a fondo el actual proceso mecánico de desfibrado. La naturaleza de los componentes de la hoja y la cantidad de fibra presente en ella parecen indicar que la actual acción de desfibrado es demasiado agresiva en relación con las anteriores características. Un segundo aspecto relevante es el de que en la hoja se encuentran varios tipos de fibras, que convenientemente extraídos pueden ser orientados a diversos usos tanto textiles como alternos. Por último se vio que es necesario un estudio de la distribución y orientación de las fibras en la hoja si se quiere llegar a una ejecución óptima del desfibrado.

Un segundo aspecto bastante adelantado en este momento, es el de la concepción y construcción de modelos experimentales que permitirán afrontar en parte el estudio del proceso de desfibrado. La acción de separación de las fibras se pretende lograr con operaciones sucesivas que reemplacen la única y ruda operación actual. Con ello se espera determinar algunos índices que, sin duda, permitirán mejorar el proceso, reduciendo el consumo de potencia, mejorando el volumen y la calidad de las fibras, y garantizando mayor seguridad de operación.

Por último, en el sistema de hilado se ha definido una metodología diferente, tratando de determinar des-

de muy temprano, el proceso básico de torsión de las fibras que conformarán el hilo de cabuya. A partir de esa operación precisa y elemental se buscará la adición y variación de otros sistemas que integrarían el conjunto total del hilado. Siendo que aquí el modelo experimental puede configurar el prototipo de máquina se ha insistido en la concepción del mismo, antes de su construcción.

## CONCLUSIONES

Los antecedentes mostraron justificable realizar investigaciones que determinen la viabilidad de desarrollo tecnológico de los procesos que involucran al fique como materia prima natural. La Universidad Nacional de Colombia, Seccional Medellín, con el financiamiento de Colciencias y otras entidades, ha emprendido un programa de investigaciones en ese sentido.

Los resultados del estudio pueden redundar en una mejora de las herramientas actuales de los campesinos minifundistas y en una elaboración de pautas que servirán de base para la definición de un plan de desarrollo tecnológico y social del sector.

Con una metodología de trabajo que tendrá en cuenta diversos aspectos de la articulación de tecnología, se han dado los primeros pasos para mejorar la "Desfibbradora" e "Hiladora" del pequeño agricultor fíquero. En la primera etapa se han concebido y construido modelos experimentales para un estudio detallado de las acciones físicas del desfibrado y se ha hecho la concepción de un proceso básico de torsión de las fibras del fique, y de los sistemas complementarios, para iniciar la construcción del prototipo de hiladora a estudiar.

## DEPARTAMENTO DE PROCESOS QUÍMICOS

### DESARROLLO DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CARBON ACTIVO -A NIVEL PILOTO- EN LECHO FLUIDIZADO

¿Quién lo desarrolla?

Un grupo de profesores del Departamento de Procesos Químicos de la Universidad Nacional conjuntamente con el Departamento de Ingeniería Química de "Queen's University" y el Departamento de Química del "Royal Military College" del Canadá.

### ¿Quién lo patrocina?

La investigación es financiada completamente por el "Centro de Investigaciones para el Desarrollo Internacional" del Canadá.

### ¿Con qué objetivo central?

El de estudiar la factibilidad técnica y económica de producir carbón activo de diferentes calidades que satisfagan las necesidades del medio colombiano a precios razonables y con tecnología propia o apropiada.

### ¿Qué antecedentes existen en este sentido?

Hay varios estudios a nivel de laboratorio de diferentes instituciones públicas y privadas sin pasar a la planta piloto. Algunos esfuerzos, también, de producción a nivel de pequeña industria pero sin un soporte científico y tecnológico de importancia.

### ¿Cómo es el proceso?

Se parte del carbón mineral-lignito y carbón sub-bituminoso- de la zona de Amagá. El proceso consta fundamentalmente de dos reactores de lecho fluidizado concentrados en serie. En el primero se lleva a cabo una pirólisis y en el segundo una gasificación parcial con vapor de agua.

El fenómeno de pirólisis implica una destilación destructiva de la hulla: El desprendimiento de materias volátiles del carbón conlleva la formación de poros de diferentes tamaños y prepara el camino para que en el gasificador ocurra una mayor creación de área específica por oxidación y a la vez incremento de la reactividad del producto. El estudio del comportamiento de un importante número de variables del proceso -granulometría, temperaturas, tiempo de residencia, concentración de vapor de agua, ... es parte fundamental del trabajo experimental próximo a realizar.

### ¿En qué etapa se encuentra la investigación?

1. Se finalizó la primera etapa del proyecto, en aproximadamente dos años, y la cual comprendió:

- Estudio de factibilidad técnica a nivel de laboratorio.
- Estudio de alternativas para el proceso a nivel piloto (tipo de activación, tipo de lecho, rangos de operación, ...).
- Balances de materia y energía para diversas condiciones de operación. Análisis de sensibilidad con ayuda de un microprocesador IBM-XT.

- Dimensionamiento básico de equipo y selección de equipo auxiliar.
- Diseño mecánico detallado de las unidades principales.
- Construcción de unidades en talleres de la Universidad de Queen's.

2. Actualmente se realiza la segunda etapa del trabajo: montaje y puesta en marcha de todas y cada una de las unidades del proceso.

A partir del mes de noviembre de 1988 se dará inicio a la tercera y última etapa:

- Realización del plan de experiencias.
- Estudio de posible implantación a nivel de micro-industria en el medio colombiano.
- Divulgación amplia de resultados.

**JAIME AGUIRRE CARDONA**

Investigador Principal

Proyecto Carbón Activo

**IMPACTO SOCIAL (Ver anexo).**

### ANEXO

### IMPACTO SOCIAL

El tratamiento de aguas para consumo humano podría incrementarse notablemente especialmente en regiones apartadas como el Chocó, Los Llanos Orientales, La Guajira, etc., si se dispusiera de un abastecimiento suficiente de carbón activado y si éste además fuera barato. Es esto último lo que busca en definitiva el Proyecto y por esto el impacto social sería de trascendencia en el medio.

El carbón activo se requiere además en la mayoría de los procesos químicos con diferentes fines. La industria química se vería entonces beneficiada ya que actualmente este producto se importa completamente a muy alto costo.

### Informe del proyecto:

**ANALISIS DE TRES ALTERNATIVAS  
PARA LA SEPARACION  
DE LAS PROTEINAS DE SUERO  
LACTEO DULCE PROVENIENTE  
DE QUESERIAS.**

Investigador principal: Darío Gallego Suárez

Los objetivos generales de este Proyecto son:

1. Fijar el proceso más convenientemente bajo las condiciones de producción de lactosuero en Antio-

- quia, para la recuperación de sus proteínas, incluyendo un análisis económico muy preliminar.
2. Fijar parámetros y características de cada proceso, desde el punto de vista de operación y del equipo necesario.
  3. Fijar la necesidad de investigación para apropiar aquellos componentes tecnológicos utilizados en el proyecto pero no desarrollados en él.
  4. Producir un documento de difusión, presentando una comparación crítica de las tres alternativas estudiadas, conclusiones y recomendaciones.

## IMPACTO SOCIO-ECONOMICO

Se pretende que la base del análisis crítico sea la siguiente:

1. Sencillez de la tecnología, explicitada como facilidad de operación, mantenimiento poco complicado y posibilidad de modificar productivamente la escala de producción.
2. Aplicabilidad al medio, disponibilidad de materias primas y simplicidad de componentes para adecuarlos a la idiosincrasia del posible usuario.
3. Grado de independencia tecnológica que potencialmente presente cada alternativa.

Con este trabajo se desea comenzar a crear una conciencia social, en los productores de lactosuero, del problema de la contaminación que se genera y, al mismo tiempo, mostrar un beneficio económico, para ellos, si es que se recupera al menos las proteínas de dicho suero.

Además, es claro que con este trabajo se propicia el desarrollo de la capacidad para la evaluación de alternativas tecnológicas en el área, creando así la posibilidad de asesorar técnicamente a quien solicite el servicio a la Facultad y elevando el nivel académico en la docencia impartida por el grupo de profesores involucrado.

Logros alcanzados hasta la fecha.

Dentro del plan general de actividades se ha cumplido:

1. Revisión bibliográfica global, análisis y clasificación de la misma, distribuida por alternativa a estudiar.

2. Establecimiento de contactos con personas y entidades que estén trabajando o hayan trabajado en el área de interés de las tres alternativas. Aquí se ha asistido a seminarios, se ha establecido correspondencia internacional con casas productoras de equipos, se han contactado personalmente sus representantes en Colombia y se han intercambiado experiencias con investigadores de áreas afines.
3. Planeación fundamental de toda experimentación.
4. Ejecución de experimentación a nivel de laboratorio.
5. Diseño, construcción y montaje del reactor básico para la experimentación a nivel de banco. En este punto se está en la etapa de arranque y ajustes preliminares.

Debe aclararse que este proyecto se considera la primera etapa de un proyecto de mayor alcance que fue aprobado por el Consejo Directivo de la Facultad de Minas en acta 1254 de marzo de 1983, titulado "Obtención de Suero Láctico en Polvo".

También, dentro del marco de estos dos proyectos se han dirigido, por el grupo de profesores involucrados, varios trabajos de grado en Ingeniería Química:

1. Obtención de Lactosa Cristalizada a partir del Suero Lácteo (Wiedemam, A. y del Valle, J.; 1984).
2. Recuperación de Proteína del Suero mediante Carboximetilcelulosa (Alvarez, A. y Giraldo, F.; 1986).
3. Diseño de una Planta para la Producción de Suero Láctico en Polvo (Idárraga, A. y Vélez, D.; 1987).
4. Recuperación y Reutilización de Carboximetilcelulosa del Complejo formado en la Precipitación de Proteínas del Suero (Barco, S. y Ramírez, M.; 1988).

## Programa de investigación: ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA EN COLOMBIA

### Investigadores:

Beatriz Londoño V. y Jaime Tabares M.

### OBJETIVO GENERAL DEL PROGRAMA:

Diseñar y presentar propuestas que permitan a las facultades de ingeniería y a sus docentes mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## PROYECTO 1

Caracterización del docente de ingeniería en Colombia.

### OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO:

Caracterizar al docente de ingeniería en Colombia, identificando aspectos socio-demográficos, factores referentes al docente que inciden en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y su concepción sobre el trabajo universitario.

### IMPACTO SOCIO-ECONOMICO

El conocimiento del perfil del profesor de ingeniería permitirá proponer estrategias para el diseño de pro-

gramas de capacitación docente y para proponer metodologías y tecnologías que permitan mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que a su vez deberá redundar en la formación de mejores ingenieros en Colombia.

### LOGROS ALCANZADOS

Hasta el momento se ha recopilado información sobre la muestra de los docentes de: Medellín, Bogotá, Costa Norte, Cauca y Valle. Próximamente se cubrirá el resto del país. Análisis de información parcial permitieron presentar el informe: "Metodologías y Tecnologías predominantes en la Enseñanza de la Ingeniería en dos ciudades colombianas".