

## **ESTUDIO DE CASO INDIVIDUAL<sup>1</sup>**

### **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

**Título:** Estudio de aplicabilidad e implementación de cloruro férrico en el mejoramiento de la Calidad de agua.

**Investigador Principal:** Jorge Latorre.

**Período de Ejecución inicial:** 30 meses.

**Entidad ejecutora:** Instituto de Investigación y Desarrollo en Abastecimiento de Agua, Saneamiento Ambiental y Conservación del Recurso Hídrico. CINARA, Universidad del Valle.

### **Financiación<sup>2</sup>:**

Valor total	\$ 262.374.816
Financiado por COLCIENCIAS	\$ 76.780.000
Contrapartida de la entidad ejecutora	\$ 69.608.426
Contrapartida otras entidades PRODESAL	\$ 115.986.390

**Modalidad:** Cofinanciación.

### **DESARROLLO DEL CASO.**

#### **Antecedentes.**

El caso de estudio es el de CINARA. En particular es un grupo dentro de este centro. En este grupo se trata de ejecutar investigación para el desarrollo. Es decir, es una investigación aplicada que trata de presentar alternativas de solución a problemas de nuestra realidad. Entienden las limitaciones del país en términos de ciencia y tecnología y la baja capacidad para atender todos los frentes de trabajo de todas las necesidades que tiene el país en los diferentes

---

<sup>1</sup> Información tomada del archivo del proyecto de COLCIENCIAS y complementada con la entrevista al Dr. Jorge Latorre Director del CINARA.

<sup>2</sup> Tomada a partir de los datos depositados en el Acta de liquidación y su correspondiente memorando de elaboración.

contextos.

La pregunta que se plantearon como objeto de investigación fue ¿qué está pasando con la fuente de abastecimiento de agua de Cali? El problema del es el mismo del río Magdalena pues desemboca allí; así también ocurre en muchos otros ríos del país y aguas subterráneas que abastecen la población colombiana. Así investigaron cuáles son los niveles de materia orgánica y de metales pesados en el río Cauca. Se evaluó la tecnología tradicional usada años atrás por una empresa que produce cloro. El cloro fue usado durante muchos años y en principio era importado. Pero posteriormente en el norte del país se crearon empresas para la producción de cloro y se traía desde allí al valle del Cauca.

En este contexto se planteó hacer un estudio comparativo entre un nuevo producto que podría lanzarse al mercado como el cloruro férrico y el sulfato de aluminio que tradicionalmente ha sido utilizado en los procesos de tratamientos de agua. La empresa a la que se le planteó este estudio fue PRODESAL, a quienes les pareció pertinente dicho estudio. Se les planteó entonces un estudio con alcances no sólo en términos de remover particulado sino con un valor agregado: la remoción de metales pesados y algo de materia orgánica.

Sobre esta base se estructuró la propuesta que se entendió como pertinente porque, de un lado, se podía obtener la caracterización de un producto y, de otro lado, se podría conocer el impacto de contar con unas ventajas comparativas y competitivas de un producto sobre los procesos tradicionales basados en el sulfato de aluminio. Ante este conocimiento que arrojaría el estudio podían hacerse a este nuevo producto así como mejorar el proceso mismo del tratamiento de aguas. E incluso se plantearon la posibilidad de crear nuevas líneas de trabajo a partir de los resultados.

Era una situación de gana-gana. Así fue como se llegó a estudiar la posibilidad de financiación por parte de COLCIENCIAS.

Fue fácil relativamente echar a andar este estudio porque, por medio de la interacción con el nivel gerencial y con el personal de planta, las bondades de este estudio lograron convencer.

En el desarrollo del proceso de este estudio se fortalecieron el talento humano y el trabajo en equipo. Además se incluyeron otros socios dentro del proyecto como EMCALI, ACUAVALLE Y PRODESAL (empresa cofinanciadora del proyecto y que hace aportes económicos para de materia prima, equipos y financiación de investigadores) la cual estuvo muy comprometida y muy preocupada con la salud pública de Cali pues con esta empresa ya existían lazos de confianza de muchos años atrás.

Entre los antecedentes de este proyecto se encuentra un convenio que existía hace más de quince años con la planta de tratamiento más grande de Cali, desde ese entonces ya se compartían datos e información a nivel técnico entre los involucrados. Y aunque se lograron concretar propuestas y líneas de investigación de muy alto nivel, desafortunadamente, por cambios en los altos niveles directivos, la burocratización y por los cambios políticos no se pudo en ese entonces dar respuesta a los problemas, como posteriormente sí pudo realizarse. Así, los constantes paros llevaron a una mayor frecuencia y duración de interrupción el suministro de agua en Cali. Pero fue en este marco que se tomó conciencia que había que hacerse algo. Estos son los antecedentes y contexto políticos.

Los niveles de contaminación del agua se incrementaban especialmente en las noches. Esto, después fue descubierto, se debía a una explotación de una mina de oro aguas arriba en uno de los ríos afluentes. Entre éstos y muchos otros experimentos en plantas pequeñas se obtuvo una experticia y se pudo mostrar que el nuevo producto presentaba mejores resultados. Quedó claro que no había un compromiso con una u otra tecnología, pero se demostró que para la sostenibilidad de muchas comunidades se demostró una tecnología que primaba sobre la otra.

### **La ejecución de la propuesta.**

Luego de esa experiencia en plantas pequeñas y la iniciativa de PRODESAL y una preocupación de EMCALI se pasó a uno de los reactores grandes. De esta manera se podía determinar si los aprendizajes y la experticia previos conllevaban a unos resultados significativos. Esto implicó, de todas maneras, adaptaciones para una mayor escala de producción. La gran ventaja que se tenía en este punto es que muchos de los ingenieros a cargo de esta etapa en el reactor grande habían sido estudiantes en la etapa previa de experimentación lo cual facilitó la adaptación en la nueva etapa. Se crearán así las relaciones de confianza necesarias para que el proceso de adaptación se llevar a feliz término pues muchas veces se requería pernoctar en la planta en madrugada a recoger las muestras en la madrugada, y además ser muy flexibles a la hora de pensar en el diseño de la nueva estructura de infraestructura necesaria. La actitud proactiva y la iniciativa de los investigadores y las personas involucradas en esta etapa fueron cruciales.

A modo de resumen, las etapas que se llevaban hasta este punto en el proyecto son: la parte de estructuración del proyecto, la parte de negociación con COLCIENCIAS, la planificación de un plan operativo dado con todas las nuevas condiciones, y el desarrollo mismo del proyecto. Luego vinieron otras fases o

etapas que les pidieron desde la empresa y fue de la capacitación del recurso humano al interior de PRODESAL, al interior de ACUAVALLE y de EMCALI. Se dictaron una serie de talleres a nivel de operadores de planta, a nivel de ingenieros e inclusive a nivel de gerentes.

Para que los estudios comparativos pudieran realizarse, tuvieron que crearse igualdad de condiciones. Por ejemplo, se identificó que en algunas plantas los reactores tenían problemas hidráulicos no cual no dejaba sacar la misma Calidad de agua desde la visita inicial. Así que se tuvieron que hacer algunos arreglos a estos reactores de manera imprevista por así esto implicaba a los ingenieros de las empresas a ser acondicionamientos a estos reactores. En este punto también tuvo que entrarse a capacitar a los ingenieros de las empresas.

### **Logros del proyecto.**

La participación de las empresas han sido tanto a nivel público como privado: EMCALI, ACUAVALLE, Gobernación del Valle y algunos municipios y la CVC, y luego empresas como PRODESAL comienzan a generar los procesos y productos documentados y con evidencia. Un proceso es proporcionar instrumentos a las empresas para cambiar el paradigma que la Calidad del agua no es solamente remover material particular. Además existen micro organismos que se pueden adherirse a sólidos y otros riesgos existentes en el agua. Para cada tipo de riesgo necesitamos procesos y tecnologías diferentes. Este es el nuevo paradigma. Sin embargo, el sulfato de aluminio no es la panacea para remover todo. Muchas de las causas de las enfermedades de los colombianos y de la morbilidad son debidas básicamente al tratamiento del agua porque han generado secuelas en la salud de unos debido a que no se ha removido el riesgo. Pero este es un impacto más que todo en las universidades. Pero el impacto en las empresas ha sido por la innovación de producto para el tratamiento del agua.

De otro lado, PRODESAL ya vende y exporta esta tecnología e incluso cuenta con otros todos nuevos productos generados a partir de éste que son el cloruro férrico anhidro. El problema del cloruro férrico es que se necesita grandes cantidades de agua, mientras que el sulfato de aluminio es polvo y tiene una ventaja en el transporte. PRODESAL entonces ha fortalecido sus procesos de investigación internos y como consecuencia ha desarrollado el cloruro férrico anhidro, el cual quiere requerimientos menores de agua. Este inquietos de fortalecer entonces sus procesos internos de investigación le ha dado a la empresa una ventaja importante. Han logrado bajar sus precios aumentar su cantidad y Calidad de productos.

Uno de los impactos más importantes entonces en las empresas es la integración necesaria que debe haber entre el nivel operativo y el nivel gerencial que toma decisiones. La otra integración necesaria que se logró fue entre el ente que financia y define la política a nivel del país con la realidad del país, articulándose con el sector productivo y académico.

Otro impacto es en la formación de capital humano en el país, pues de nada vale tener la mejor tecnología si no tenemos la capacidad de operar dicha tecnología. Otros valores agregados son en la salud pública. En la medida que se vaya mejorando estos tratamientos de agua se ahorra al país recursos inmensos de inversiones en salud y costos sociales.

Ahora existe la perspectiva de nuevos proyectos con esta empresa, en especial, con un producto que hasta ahora ha sido importado que es ploricloruro de aluminio. Este químico es excelente a los tratamientos de aguas y ahora PRODESAL quiere producirlo. Así que en menos de diez años esta empresa ha posicionado su producto, y tiene perspectivas de dos nuevos productos muy importantes para el país. Además, exportan y venden nacionalmente, con una estructura y posición de mercado fuerte.

El director del proyecto incluso se le encomendó que estos procesos exitosos lo llevarán para pensar en un desarrollo regional. Se creó así la sede regional y se pasó a gestionar este tipo de proyectos a un nivel más amplio. Esto se constituye en una fortaleza que proyecta más el grupo que siga siendo investigación.

## **ANÁLISIS.**

### **Motivación.**

En este grupo son conscientes de esta situación y su objeto de trabajo es el agua. Alrededor del agua tienen cuatro grupos de investigación y desarrollo uno de los cuales aborda desde su objeto de trabajo temáticas diferentes. En el caso del grupo de abastecimiento de agua y dados los cambios significativos en los niveles de riesgo de las aguas para consumo humano, ha sido una preocupación latente y permanente la identificación de dichos problemas. Uno de esos problemas en particular es la presencia de metales pesados, la presencia de materia orgánica y el creciente número de microorganismos en las aguas crudas que abastecen a las comunidades al nivel del país. Sin embargo, este problema no es sólo a nivel de país sino que es creciente en la zona urbana y en la zona andina latinoamericanas y del mundo en desarrollo. Es una

problemática por tanto a nivel mundial.

Más acentuado en problemas de microorganismos de riesgo microbiológico en las zonas rurales pero un problema creciente a nivel de materia orgánica en el mundo desarrollado. A nivel del país las tecnologías para tratamiento de agua para consumo humano fundamentalmente se han localizado en material discreto suspendido o material sólido. Está presente en suspensión en el agua y que los procesos de clarificación están orientados a remover ese material, pero no es objeto de tratamiento de remover material disuelto como pueden ser los metales o la materia orgánica. Todo esto cambia el objetivo de un tratamiento. En un principio, las fuentes principales de tratamiento tenían contaminación por erosión, por el material erosionado en las cuencas y por el arrastre natural de los ríos. Dados los vertimientos industriales los tratamientos de las aguas residuales que llegan a las fuentes para el consumo humano, el riesgo ha ido cambiando en el tiempo. Se tiene una alta concentración de microorganismos, alta concentración de materia orgánica de diferente naturaleza y otro tipo de materia creada por la misma capa vegetal en zonas de páramo en zonas altas y por último todo lo que se genera en la industria y las zonas agrícolas que tienen pesticidas, herbicidas etc.

### **Aprendizajes.**

Por supuesto que hubo asesoría internacional de alto nivel en este proyecto. Viajaron gente de Brasil, de Holanda, y a través de ellos se generó otro Valor agregado en el tratamiento de aguas. Pero así también una retroalimentación especialmente con los ingenieros de Holanda pues el trabajo serio desde la Universidad del Valle mostró que había un método y que se tiene Calidad que los datos y que existen instituciones serias como las empresas y la universidad de este proyecto. Que hay entonces agentes comprometidos con la investigación quienes están atendiendo problemas que tiene en el país.

Otro aprendizaje es el de generar confianza entre distintos actores. No hay personas que “ lo saben todo” como por ejemplo, en las organizaciones en el que la jerarquía prima sobre el conocimiento. En este tipo de organizaciones jerárquicas la exploración de nueva información no es nutrida ni acogida sino que es tomada como vieja información o, en pocas palabras, “ como algo que ya se sabía ”. En cambio, al generar confianza se recoge, acoge y nutre la nueva información pues todos están aprendiendo simultáneamente. Esto permite tener un ambiente más abierto y relajado que permite a expresar abiertamente las nuevas ideas.

Otro aprendizaje es tener claridad con el flujo de información con un sentido

ético. Se trata de estar muy pendientes de mostrar y presentar los datos a las partes concernientes para siempre buscar una retroalimentación y transparencia adecuadas. De tal manera que, no se descarten a priori datos que pueden ser importantes y entre todos los actores puedan identificar problemas, si es que existen. De esta forma, se logra un flujo ético de la información para corregir errores y el error se convierte en fuente de aprendizaje.

Se generó un diálogo de saberes entre los distintos niveles. Se tienen desde monitores-estudiantes, técnicos, tecnólogos profesionales, estudiantes de posgrado, asesores, etc.. La horizontalidad en la comunicación entre los distintos niveles tratar de vencer obstáculos para compartir información.

### **Gestión.**

En cuanto presupuesto, se dio un cambio significativo entre lo presupuestado y lo real por la nueva dimensión que se le dio al proyecto. Hubo cambio en algunos rubros pero se conservaron los criterios de COLCIENCIAS, pero hubo unos aportes significativos de las otras empresas y de la misma universidad por dedicación de tiempo de los investigadores debido a la magnitud e importancia que adquirió el proyecto para la construcción de país. Se dedicó también más personal de apoyo, así como de PRODESAL también dedicó más tiempo de sus ingenieros dado que se dieron cuenta, por aparte como de algunas limitaciones que presentaba el producto. Comenzaron a trabajar en el mejoramiento significativo del producto que se iba a presentar al mercado. Allí también se presentó un Valor agregado.

### **Factores de éxito.**

Todos estos factores se aúnan para que el proyecto fuera exitoso pero nunca se pensaron que pudieran darse estas condiciones al empresario el proyecto. Así el proyecto tuvo la colaboración y el granito de arena de varios agentes para sacarlo adelante en una forma de socialización del riesgo, necesarios en este tipo de proyectos. Además en este tipo de proyectos en el que se está aprendiendo a la vez que se está enseñando, la socialización del riesgo es un reconocimiento de la co dependencia de los actores a todos los niveles (operativo, ingeniería, gerencial, entre otros) en el proceso por medio del cual surgen preguntas que llevan a un estado nuevo de conocimiento del que, a su vez, surgen nuevas preguntas. Este es uno de los aprendizajes más importantes: aprender a aprender.

## **Impactos.**

En Grupos de investigación:

- Fortalecimiento de 3 Grupos de investigación.
- Creación de una nueva línea de investigación: Mejoramiento de calidad de agua a través de sales minerales.
- Participación en una red de investigación internacional de carácter formal.
- Uso docente de los resultados del proyecto de investigación a nivel de Pregrado, Especialización y Maestría.
- Generación de otros proyectos posteriores.
- Formación de jóvenes investigadores.
- Aprendizajes en gestión de proyectos con COLCIENCIAS.
- Socialización de resultados.

Organizacionales:

- Aprendizajes en gestión.
- Aprendizajes en gestión de tecnología.
- Formalización de rutinas de I+D en la empresa.
- Mejoramiento de la calidad de la comunicación.

Científico- tecnológicos:

- Formación de Recurso Humano durante el proyecto a nivel de Especialización y Maestría.
- Fortalecimiento de infraestructura para la investigación.
- Publicación de Capítulo de Libro, Artículos y Manual Técnico.
- Coautorías a nivel nacional.
- Difusión general a través de literatura gris.
- Desarrollo de nuevos protocolos para el tratamiento de aguas.
- Generación de nuevos conocimientos en ingeniería.



## **Conclusiones.**

Los recursos de COLCIENCIAS los apalancó y les dio credibilidad al grupo para otras financiaciones del sector privado, el cual era reacio al principio. La recomendación es que se hace a COLCIENCIAS es dar continuidad a los proyectos. El banco de proyectos de COLCIENCIAS podría generar un programa de investigación de proyectos que son derivados de los proyectos existentes en dicho banco. Cuando depende de, estos proyectos muchas veces por visiones subjetivas puede resultar perjudicada su continuidad. Pero sí hay unas áreas estratégicas y sentidas del país, la continuidad por tanto se hace prioritaria para lograr dar una visión de largo aliento a proyectos que, en principio, pueden fracasar pero con el apoyo suficiente pueden llegar a arrojar los resultados e impactos para el país.

La propuesta entonces es un programa de investigación para dar continuidad a áreas estratégicas para el desarrollo del país. Por ejemplo, en este caso, el tratamiento de lodos en el agua podría ser una vía para dar continuidad a este tipo de proyectos. Una vez se entregó el proyecto básicamente se rompe la articulación entre las distintas fases de profundización de la investigación. Y tal vez la capacidad de gestión de proyectos de COLCIENCIAS y el banco de evaluadores de COLCIENCIAS puede estar descontextualizado y puede desconocerse por falta de difusión talvez los avances que se hicieron al respecto del proyecto evaluado. Entonces la capacidad de gestión de proyectos y el banco de valores debe evolucionar conforme a cómo evolucionan los mismos proyectos de COLCIENCIAS. Esa es una forma de dar continuidad, creyendo más en los proyectos que el propio COLCIENCIAS apoyo. De esa manera todos esos proyectos pueden potenciarse de mejor manera.

Hacer investigación en Colombia es muy distinto a cuándo se hacen los doctorados en el exterior. La capacidad de adaptabilidad de los investigadores y sus investigaciones a las realidades del país no es algo que se genera automáticamente sino que toma el tiempo. La investigación debe ser de Calidad, debe tener productos de impacto, debe ser sostenible y debe tener un principio de realidad y pertinencia para el país. Muchas veces está aplicabilidad puede lograrse al incorporar entidades que le hallen la dimensión a los problemas que muchas veces no es identificada dentro de las universidades. Las universidades pueden entender la magnitud del problema, pero es fuera de la universidad donde puede dimensionarse sus reales impactos. Se identifica dentro de la universidad el problema pero se queda en lo académico. Lo otro que puede estar sucediendo es que el problema venga del sector productivo, pero la universidad financiar la investigación que después no usufructúa. Como muchas veces ocurre en la universidad se piensan el producto académico y no se le daba una visión práctica. Pero el trabajo en equipo puede llevar a

compensar esta falencia de las universidades. La universidad puede aprender del sector productivo como poder ser más práctico y reales sus productos, y así también con el sector público.

## **Aprendizajes.**

### Factores impulsores de la obtención de impactos

- Los recursos de COLCIENCIAS que apalancó las actividades del Grupo.
- La confianza generada entre los diferentes actores intervinientes en el proyecto.
- Socialización del riesgo, necesarios en este tipo de proyectos, viéndose esta como el reconocimiento de la co dependencia de los actores a todos los niveles (operativo, ingeniería, gerencial, entre otros).

### Factores inhibidores de la obtención de impactos.

- Desafortunadamente, no se ha podido dar continuidad a estos procesos porque profesores investigadores directamente involucrados en este proyecto fueron nombrados en cargos directivos en la universidad. Algunos otros profesores se han concentrado en el desarrollo de otras tecnologías.
- La propuesta se negocio por el tope de Convocatoria pero valía mucho más.
- No se tenía tecnología de punta y se tuvo que realizar acondicionamientos en la infraestructura existente a las necesidades del proyecto.