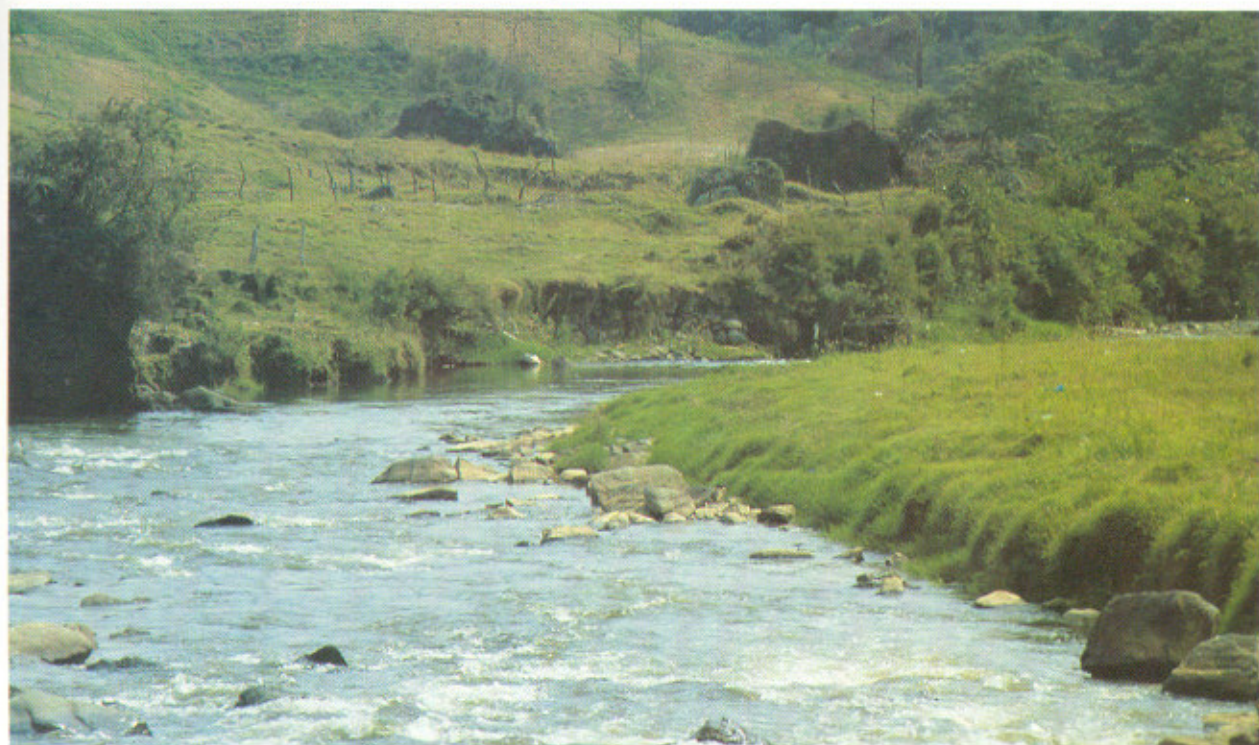


**ECOLOGIA**

# **Impactos ecológicos y productivos de la contaminación de los rios**

**(y planificación de su recuperación)**



**POR: ALBERTO URIBE LONDOÑO**  
Ingeniero Químico Ambiental - Asesor COLCIENCIAS

## Introducción

Entre los diversos ramos de la actividad agropecuaria, el sector lechero es particularmente dependiente de abundancia de agua de buena calidad.

Así mismo, muchísimas industrias dependen del agua; pero casi ninguna depende de una forma tan grande de este precioso recurso, como la agroindustria lechera: De la cantidad y calidad de los manantiales de agua dependen los alimentos y la salud de los hatos lecheros en las regiones productivas, la producción total de leche y su productividad.

Por otro lado, de la disponibilidad de agua de excelente calidad depende también la calidad de los procesos y productos elaborados por la agroindustria lechera.

Por lo tanto, cualquier productor o trabajador del sector agroindustrial lechero, ha tenido oportunidad de conocer y sentir la relación directa que existe entre la disponibilidad de agua de calidad y las utilidades económicas del sector.

En consecuencia, un "despertar lechero" debe incluir una clara conciencia por parte del sector de los siguientes tipos de problemas que han aumentado asustadoramente en los últimos años:

- Fuentes, ríos y manantiales de agua cada vez más escasos en caudal y peores en calidad, lo que está ocasionando con frecuencia, cuantiosos gastos en bombeos, a veces desde grandes distancias en la búsqueda de fuentes más limpias de agua y aplicación de métodos de tratamiento fisicoquímico para evitar problemas de salud en los animales y de calidad en los productos de la agroindustria lechera.
- Disminución en la producción y calidad de pastos y forrajes para el ganado, por problemas de salinización, erosión, pérdida de capa vegetal y otros factores asociados a la contaminación y degradación ambiental de los ríos.

- Contaminación de quebradas y ríos de regiones de producción lechera por las propias actividades agrícolas, pecuarias e industriales lecheras, ocasionando perjuicios para otros productores o usuarios, aguas abajo.

COLANTA es un ejemplo de cooperativa lechera para todo el país: los 65 pujantes productores que en 1964 la fundaron, no imaginaron que al cumplir 25 años venderían más de medio millón de litros diarios y que sería un modelo de economía solidaria, gracias a la **calidad** de sus productos, que se controla desde las vacas en las fincas, a través de sus Programas de Asistencia Técnica y Control de Calidad.

Coherente con esta historia, progresista y ejemplar, una cooperativa como COLANTA debe velar por el bienestar de todos sus asociados. Por lo tanto, el presente artículo pretende brindar una contribución para la reflexión, concientización, prevención y resolución de problemas ambientales por parte del sector lechero, lo que se hace crucial por encontrarse en los dos lados del problema: como receptor y fuente de impactos ambientales de la contaminación de los ríos.

## Contaminación, Polución, Ecosistema, Impacto Ambiental

Se recoge en este trabajo, a modo de marco conceptual, una revisión de varios autores, principalmente Branco (1965, 1972, 1984), Roldán (1973), Sheehan (1984), Uribe (1986) y algunos términos usados en la legislación ambiental brasileña (1990).

La definición de polución está asociada a la noción de uso del agua y de impacto ambiental. La polución, se caracteriza por sus efectos ecológicos, que entrañan transformaciones del ambiente, de forma tal que éste se torna inapropiado para el desarrollo

normal de las poblaciones acuáticas y para algunos usos del agua por la sociedad.

Un ecosistema se compone de comunidades de organismos vivos considerados junto con su habitat (o ambiente abiótico) e incluye las interacciones entre estos componentes, como son los flujos de materia y energía y la productividad. Un ecosistema es una unidad ecológica en la cual sus componentes básicos, físicos, químicos y biológicos, operan juntos para producir alguna clase de estabilidad funcional.

Precisamente, lo que la contaminación ambiental hace es alterar estos factores con la introducción de sustancias extrañas en un ecosistema, poniendo en peligro la vida de sus componentes bióticos, (Roldán, 1973).

Por impacto ambiental se entiende la cadena de efectos que se producen en el medio natural y social (incluida la salud y bienestar del hombre) como consecuencia de una acción dada. En este sentido la evaluación de esta cadena de efectos en el medio natural y social y en sus interacciones deberá circunscribirse:

- A la identificación y caracterización del medio receptor, susceptible en sufrir alteraciones.
- A la identificación y caracterización de las actividades impactantes (causa).
- A la predicción de las relaciones causa-efecto.
- A la interpretación y comunicación (expresión) del significado de estos efectos, esto es de su grado de prioridad.

El conjunto de estas variables posibilitará una "lectura" del funcionamiento del sistema (afectador/afectados) y proveerá "herramientas" para la toma de decisiones que eviten o minimicen tales efectos, inclusive con la evaluación de alternativas (loca-

lizacionales y tecnológicas) para las actividades impactantes.

Los impactos ambientales afectan en cadena al medio, que se identifica y desdobra como siendo receptor a nivel:

- **Primario:** Los componentes ambientales que reciben los impactos ambientales directos (aguas superficiales y subterráneas, suelo y vegetación).
- **Secundario:** La fauna y flora que se desarrollan y/o dependen del medio receptor primario.



- Terciario: El hombre que habita en el área, consume sus productos y desarrolla actividades que pueden ser potencializadas o perjudicadas por los efectos producidos en los receptores primarios y secundarios.

De esta manera los impactos ambientales deberán ser evaluados, tanto en los receptores primario y secundario, (medio natural), como en el receptor terciario, (el medio socioeconómico), que se expresa en los aspectos humanos, sociales, económicos y culturales que definen y afectan la sobrevivencia y realización del hombre y de la sociedad.

Un estudio y evaluación de impactos ambientales deberá, en todos sus seguimientos, incluir la participación de la población, reflejando el punto de vista de todos los grupos sociales que intervienen en el proceso de desarrollo de la región y que, de alguna forma, obtienen un beneficio o absorben un costo derivado de ese proceso.

## Impactos ambientales y efectos ecológicos en ríos contaminados

### Impactos Térmicos

Los efectos del calentamiento de un río o "polución térmica" pueden ser predichos si se observa que la temperatura y la cantidad de calor en el agua tienen relación directa con:

- La regulación de la actividad fisiológica de los organismos.
- La solubilidad de los gases, principalmente el oxígeno, de la cual depende la respiración de los organismos acuáticos y la vida del río.

- Variaciones de densidad de las capas de agua.
- La hidrodinámica del cuerpo de agua: corrientes, oleaje, etc.
- La estratificación del cuerpo de agua.
- La toxicidad de los agentes contaminantes.

La mayor parte de los organismos acuáticos son "poiquiloterms", es decir, que no tienen capacidad para regular la temperatura interna. Por lo tanto, la velocidad de sus reacciones metabólicas depende de la temperatura del agua en la cual se encuentran sumergidos: la elevación de la temperatura (dentro de ciertos límites) acelera sus mecanismos de respiración, nutrición, reproducción y movimiento general, en tanto que la baja temperatura ambiente eleva el consumo de oxígeno y de alimentos, no sólo para los peces y crustáceos, sino también para las bacterias saprófitas

que se encargan de la descomposición de poluentes orgánicos.

Por otra parte, se sabe que la solubilidad de los gases en el agua varía inversamente con la temperatura. Por ejemplo, la concentración de saturación de oxígeno del agua de un lago, a la temperatura de 5°C y a la presión del nivel del mar, es igual a unos 12,8 mg/l, pero esta misma agua pasará a tener nada más que 7,5 mg/l a la temperatura de 30°C.

El simple calentamiento del agua puede pues tener dos efectos, que combinados pueden provocar menores problemas ecológicos: el aumento de las necesidades respiratorias en peces y en microorganismos y la disminución del contenido de oxígeno disuelto en el agua.

---

**“El simple calentamiento del agua puede pues tener dos efectos que combinados pueden provocar menores problemas ecológicos: el aumento de las necesidades respiratorias en peces y en microorganismos y la disminución del contenido de oxígeno disuelto en el agua”.**

---

## Impactos por vertimiento de nutrientes

Se denomina "eutrofización" al proceso por el cual una masa de agua pasa de la condición oligotrófica (o de baja productividad) a eutrófica (o de elevada productividad) causando un desequilibrio o alteración significativa de los ecosistemas acuáticos. La principal causa de la eutrofización de los ríos es el enriquecimiento de sus aguas con nutrientes, provenientes de aguas negras y del exceso de fertilizantes



utilizados en las actividades agropecuarias, drenados por la lluvia.

Las principales consecuencias de la eutrofización de los ríos, derivan de la acumulación excesiva de masas vegetales en el ambiente.

Las masas vegetales que proliferan por la eutrofización son sólo parcialmente consumidas por el zooplancton y por los peces. Por lo tanto, su descomposición se completa directamente por los microorganismos consumidores, lo que provoca desequilibrios en el balance de oxígeno.

Estas proliferaciones de masas vegetales ("abonadas" por los nutrientes) pueden causar muchos otros problemas de orden práctico y sanitario: obstrucción de filtros en las plantas de tratamiento de agua; sabor y olor en las aguas de abastecimiento; problemas de toxicidad de ciertos géneros de algas cianófitas; variación frecuente de pH, etc.

## Impactos por pigmentación, turbiedad de las aguas y sedimentos

El color y la turbiedad de las aguas influyen en la profundidad de penetración de los rayos solares y por lo tanto en la fotosíntesis.

Además de las partículas de pequeña dimensión (hasta 0,1 micrometros) que se mantienen en suspensión permanente en las aguas y causan turbiedad, los vertimientos transportan partículas mayores que tienden a sedimentar en su lecho, en los tramos de menor velocidad de caudal.

La sedimentación de partículas puede ejercer efectos nocivos directos sobre la fauna y la flora de los ríos como, por ejemplo: acción abrasiva (fricción) sobre los huevos, larvas y algunos tipos de organismos más sensibles, destruyéndolos; soterramiento de especies de hábitos bentónicos o de huevos, incluso de peces; obstrucción de los órganos respiratorios de varios animales; arrastre hacia el fondo

de microorganismos planctónicos, por absorción en la superficie de las partículas. La sedimentación de partículas orgánicas puede también alterar el contenido de oxígeno en ríos de pequeña velocidad.

### **Impactos por vertimientos de grasas y detergentes**

Las grasas y espumas normalmente debidas a la presencia de detergentes en los vertimientos ocasionan la pérdida de transparencia y disminuyen la reoxigenación del agua.

Por otro lado, la tensión superficial del agua tiene gran importancia ecológica para numerosos organismos acuáticos. Algunos se apoyan en la película de tensión superficial para moverse (por debajo o por encima de la superficie líquida). Además, la respiración de muchos insectos, bajo el agua, depende de su capacidad para mantener una burbuja de aire (plastrón) sobre la región ventral como reserva de oxígeno para la respiración traqueal típica. También, las aves acuáticas flotan gracias a la reserva de aire que mantienen entre sus plumas, siempre que la tensión superficial del agua sea suficiente para impedir su mayor penetración.

La presencia de detergentes y jabones, con propiedades tensoactivas produce cambios en la tensión superficial del agua, y por lo tanto, en la capacidad de ésta para mantener una película resistente, formar burbujas y no mojar superficies protegidas por grasas o sustancias inimicibles.

Los detergentes también afectan negativamente la eficiencia de los procesos de reoxigenación normal del agua de los ríos por contacto con el aire atmosférico.

Todos estos efectos son mucho más graves cuando se trata de detergentes "duros", o sea detergentes sintéticos resistentes a la biodegradación, como son los detergentes no iónicos y los alquilsulfonatos y arilsulfonatos, los cuales por esta razón, tienden a

mantenerse mucho más tiempo en el medio acuático.

### **Impactos por vertimientos orgánicos**

Los vertimientos poluidores de un río pueden ser de naturaleza orgánica biodegradable, orgánica no biodegradable (también denominados bioresistentes), duros o recalcitrantes) e inorgánica.

La biodegradación o descomposición orgánica es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización del compuesto orgánico por microorganismos saprófitos o saprozoicos, tales como bacterias, hongos, protozoos y otros.

En el ambiente acuático, la renovación de oxígeno se ve dificultada por la baja solubilidad de este gas y reducida velocidad de su difusión en el agua. Por este motivo, cuando la población de microorganismos aeróbicos es muy elevada, disminuye en alto grado la concentración del oxígeno, llegando hasta agotarse completamente (el medio se vuelve anaeróbico).

Sin embargo, la población de microorganismos en un ambiente dado es proporcional a la cantidad de alimento orgánico, biodegradable, en el mismo. Por ello, se puede decir que si se introduce una cierta cantidad de materia biodegradable en el agua, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es proporcional.

La DBO expresa, por lo tanto, el potencial poluidor de una sustancia, en términos de la cantidad de oxígeno que sería consumida en una masa de agua por los procesos generados para su biodegradación.

### **Impactos por vertimiento de tóxicos**

Además de los efectos tóxicos, letales, agudos y crónicos, de algunos productos químicos sobre los individuos de un ecosistema, desde hace tiempo se reconoce que los seres vivos pueden acumular en su organismo sustancias que reciben del ambiente, de tal forma que algunos de sus

órganos las llevan en concentraciones superiores a las que en éste existen.

A lo largo de las cadenas de alimentación, en los ecosistemas, algunos elementos tóxicos como el mercurio o los insecticidas organoclorados pueden ser concentrados de forma que su acción tóxica sea potencializada por este mecanismo.

En la **agricultura** y la **ganadería** son cada día más utilizados una extensa gama de insecticidas clorados, fosforados y carbamatos.

No se conocen aún los pormenores de los mecanismos y efectos tóxicos de los insecticidas clorados sobre el organismo humano. Se sabe que se acumulan en el sistema nervioso, principalmente en el cerebro, y que a veces provocan dolores de cabeza, desórdenes síquicos y gastrointestinales, adormecimiento, irritabilidad, espasmos, convulsiones y hasta la muerte.

Los insecticidas fosforados, y carbamatos por ser más solubles, son llevados con más facilidad al agua donde se descomponen rápidamente aunque sus efectos tóxicos para los seres vivientes en general son mucho más pronunciados. Los insecticidas organofosforados inhiben la colinesterasa y afectan las reacciones nerviosas, y por lo tanto pueden llevar hasta la muerte.

Otro ejemplo trágico de bioacumulación de tóxicos en la cadena alimenticia es la metilación del mercurio realizada por bacterias, proceso en el cual el mercurio se integra en los ecosistemas acuáticos. Cuando el metilmercurio llega al hombre, su acumulación y efectos se manifiestan lentamente, pero suelen tener desencadenamientos genéticos con mutaciones fetales, como ocurrió en los años 50-60 en Minamata, Japón.

La contaminación del agua por el mercurio tiene su origen principalmente en la agricultura, por el empleo de sales de mercurio como fungicida, que se concentra especialmente en las semillas, y en la industria, en particular en la producción electrolítica de la soda cáustica y del cloro, instrumentos industriales, productos farmacéuticos, pinturas, catalizadores y explosivos.

Por otro lado, una gran cantidad de vertimientos de productos químicos alteran el grado de acidez (pH) de las aguas, lo que afecta drásticamente la estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

### **Otros procesos potencialmente impactantes de la calidad ambiental de los ríos**

Deben ser tomados en cuenta, además de la contaminación, otros impactos ambientales degradantes de la calidad ambiental de los ríos, tales como los procesos de deforestación, erosión, pérdida de terrenos agrícolas, sedimentación, pérdida de capacidad en los lechos de los ríos, salinización, etc. que tienen una influencia negativa, tanto en la disponibilidad de agua como en su calidad y, por consiguiente, en la salud de la fauna y flora que depende del agua, inclusive del hombre y de los animales que éste utiliza para su alimentación, y notablemente del ganado lechero.

### **EIA-Estudios de Impacto Ambiental y planificación para la recuperación de ríos contaminados**

Antes de abordar el costoso proyecto de recuperación de un río contaminado, se hace rigurosamente necesaria una intensa

---

**“Cuando el metilmercurio llega al hombre, su acumulación y efectos se manifiestan lentamente, pero suelen tener desencadenamientos genéticos con mutaciones fetales.”**

---



fase de planificación, para después abordar las etapas de investigación, estudios, medidas y obras de control. Del éxito y desarrollo participativo (con todos los interesados) de esta etapa de planificación dependerá la optimización de soluciones técnicas y económicas.

En la Figura 1 se presenta un flujograma metodológico para la planificación y desarrollo de estudios de evaluación de impactos ambientales para la recuperación de cuencas de ríos contaminados. (Ver fig. 1 pág 10)

El desarrollo de un estudio de esa naturaleza comprende la realización de las etapas siguientes:

**Etapas 1:** Delimitación del área de estudio.

Inventario e identificación de las fuentes contaminantes actuales y potenciales y de otros procesos potencialmente impactantes, así como de las características naturales y sociales sujetas a modificaciones y su delimitación geográfica. Igualmente son inventariadas en esta etapa las principales instituciones, grupos de interés, programas y proyectos públicos y privados con incidencia en el universo de estudio.

**Etapas 2:** Definición de metodología y programa de trabajo.

Con base en los resultados de la etapa anterior se procede al perfeccionamiento, precisión y actualización del marco conceptual, objetivos, metodología y programa de trabajo, incluyendo seminarios al final de

cada etapa, para facilitar canales de participación comunitaria y gubernamental.

**Etapas 3:** Características, uso actual y potencial de los recursos ambientales en el universo de estudio.

Descripción y análisis de la situación actual y dinámica de las características naturales y sociales y su interrelación en el área de estudio. Se puede establecer una bonificación de usos recomendados de la cuenca hidrográfica, de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones, naturales y sociales.

**Etapas 4:** Previsión y priorización de impactos ambientales en el universo de estudio.

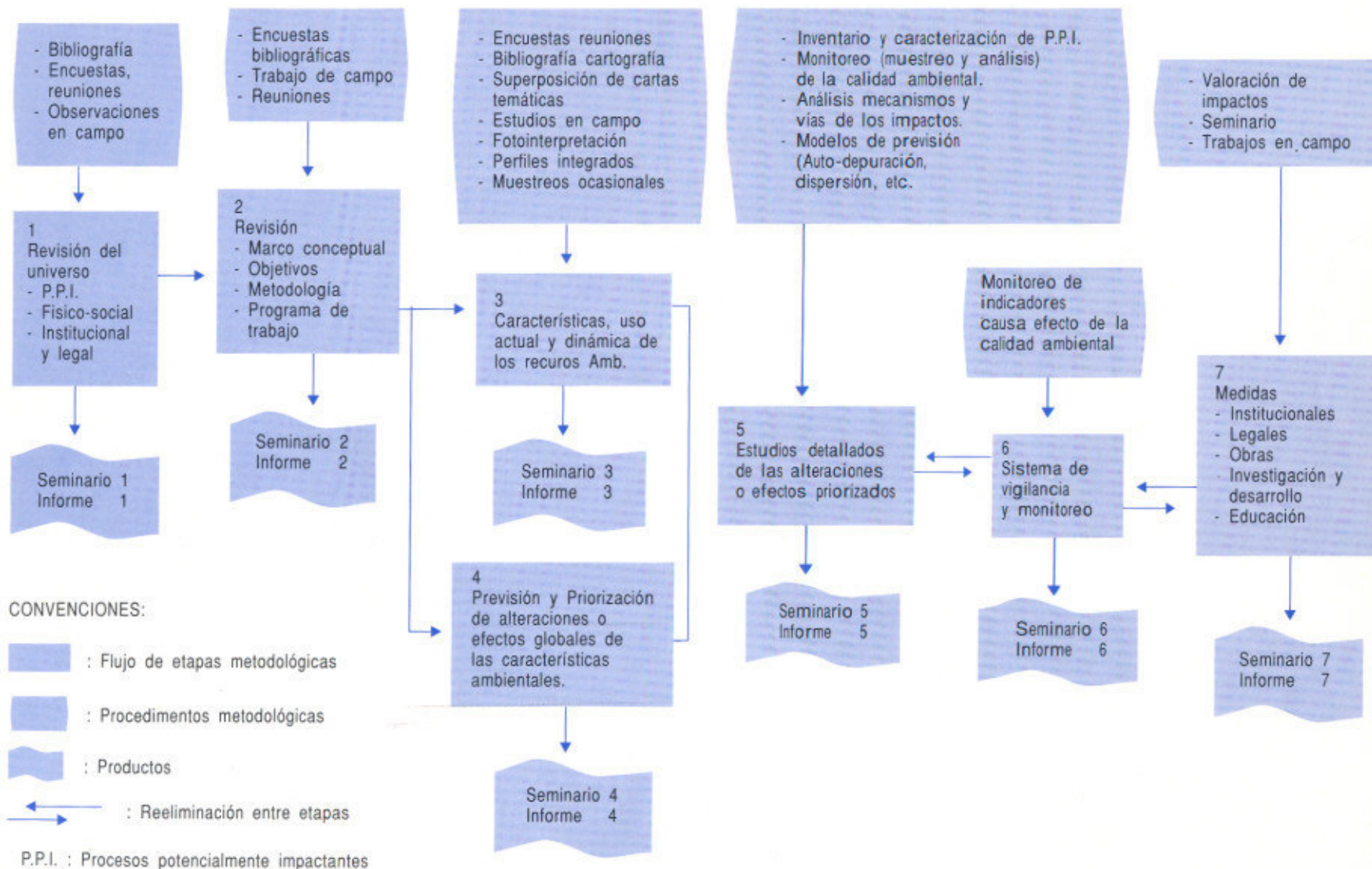
Después de identificados y caracterizados los procesos potencialmente impactantes, y confrontados -mediante el uso de una matriz- con la dinámica de los recursos ambientales del área de estudio (etapa 1), se procede a la identificación de relaciones causa-efecto, y al análisis de la intensidad y amplitud (o área afectada) de los impactos, para su priorización.

**Etapas 5:** Estudio detallado de las alteraciones o efectos priorizados.

Priorizados y caracterizados en primer análisis, los impactos de mayor relevancia y sus relaciones causa-efecto en el área de estudio (etapas 1 a 4), se pretende en esta etapa la profundización en los efectos o impactos más importantes, llegándose a su cuantificación y a la valoración de modificaciones en las características naturales y sociales. Estos estudios se realizan en áreas más reducidas donde el impacto tiene un mayor significado (área de influencia del impacto), facilitando la medición de sus indicadores o su evaluación, a través de metodologías específicas. Este es el caso por ejemplo, de la utilización de modelos matemáticos, como los modelos de dispersión, autodepuración, etc., en casos de contaminación de las aguas.



# FIGURA 1 FLUJograma METODOLOGICO - ESTUDIO DE EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES



**Etapas 6:** Sistema de vigilancia y monitoreo.

Como parte de los procedimientos metodológicos utilizados en la etapa anterior, deben seleccionarse y valorarse indicadores de impacto ambiental de acuerdo a una distribución geográfica/temporal de colectas y de análisis de muestras, que permita la evaluación de los efectos previstos. Este programa de medición de los indicadores más importantes deberá ser revisado en esta etapa, objetivando la formulación de un "sistema de vigilancia y monitoreo" de los impactos ambientales de mayor relevancia, el cual deberá ser realizado en forma sistemática.

**Etapas 7:** Recomendaciones ejecutivas.

Con base en los resultados de todas las etapas anteriores, se elaboran propuestas para la minimización y control de impactos ambientales, programáticas, institucionales, legales y de manejo ambiental recomendadas para el universo global de estudio, con especial referencia a las áreas donde existe mayor criticidad (actual y/o potencial) de los impactos.

La metodología deberá enfatizar la participación de las comunidades afectadas, tanto a nivel de orientación e informaciones para el estudio (a través de encuestas, reuniones y seminarios) y como receptora y evaluadora de sus resultados.

Por consiguiente están previstos en la metodología "seminarios" para discutir resultados de etapas del estudio. Para lograr esta comunicación el lenguaje y las formas de presentación del estudio se consideran de importancia relevante y deben caracterizarse por la facilidad de comprensión.

### **Necesidades de investigación para la recuperación de ríos contaminados**

Finalmente, debe recalcar que el éxito de los programas de control y recuperación ambiental en ríos contaminados depende no sólo del diseño de proyectos

puntuales de saneamiento y control de la contaminación, sino de un estudio global de las fuentes de degradación ambiental prioritarios en cada cuenca hidrográfica para lo que se recomienda sistematizarlo de acuerdo a los lineamientos metodológicos discutidos. En ese contexto además de la investigación y control de las fuentes de contaminación de las aguas deben ser evaluados también otros impactos ambientales sobre la cuenca hidrográfica como por ejemplo los procesos erosivos y sus posibles controles físicos y químicos, incluyendo investigación edáfica que conduzca a mejores prácticas de manejo de suelos.

La educación y concientización ambiental son elementos de extraordinaria importancia para despertar la participación de toda la comunidad (afectadores y afectados) y de los organismos gubernamentales en la resolución de los problemas ambientales diagnosticados.

#### **BIBLIOGRAFIA**

- Branco, S.M. 1965. Poluição e Contaminação, Revista DAE 26 (57): 41-45, Brazil.
1972. Poluição - a morte de nossos rios, Livro Técnico, Rio de Janeiro, Brazil.
1984. Limnología Sanitaria, Estudio de la Polución de aguas continentales, OEA, Washington.
- Empresa de Acueductos y Alcantarillado de Bogotá, Subgerencia de Planeamiento, 1991. Políticas de control de efluentes industriales, publicado en las Memorias del Seminario "La industria frente al recurso hídrico", Medellín.
- Governo do Estado do Ceará, SEMACE -Superintendencia Estadual do Meio Ambiente, 1990. Meio Ambiente-legislacao Básica, Fortaleza, Ceará, Brazil.
- Pérez, G.J. 1990. Colanta 25 años, Revista COLANTA-Despertar Lechero No. 4.
- Pombo, D.; COLCIENCIAS, 1990. Perfil Ambiental de Colombia.
- Roldán, G. 1973. Efectos de la contaminación sobre los ecosistemas acuáticos, ponencia presentada al 1er. Seminario de Ecología y Urbanización, Inst. Geográfico Agustín Codazzi.
- Sheehan, P. et alii, 1984. Effects of pollutants at the Ecosystem Level (Scope 22), Wiley.
- Uribe, A. 1986. Evaluación de impacto ambiental de proyectos energéticos, Revista Contaminación Ambiental, Medellín, 9(16): pp. 7-18.