

**INVESTIGACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
PARA PROYECTOS DE EMBALSE DE AGUA**

**JOHANNYS SHIRLLEYS VIDAL DAZA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2009**

**INVESTIGACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL  
PARA PROYECTOS DE EMBALSE DE AGUA**

**JOHANNYS SHIRLLEYS VIDAL DAZA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**DIRECTOR:**  
**Ingeniero Civil MARIO GARCÍA SOLANO**  
Docente Escuela Ingeniería Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA  
2009**

## *DEDICATORIA*

*A Dios por darme sabiduría y porque su voluntad estuvo siempre presente durante mis estudios, y siempre me ha guiado por el mejor camino para cumplir mis sueños.*

*A mi mamá y a mi abuela quienes siempre me apoyaron y me brindaron toda su confianza y amor, para hacer de mí la persona que hoy soy.*

*A mis hermanitos porque son mi principal motivación para lograr todas las cosas que me propongo.*

*A mis compañeros y amigos porque siempre han sido un gran apoyo y porque hemos compartido conocimientos y experiencias.*

*A mi abuelo, quien fue mi padre, y que siempre soñó con el ver fruto de la educación que me brindó, y que aunque no está hoy conmigo siempre fue mi mayor inspiración y una gran motivación para dejar su nombre en alto.*

*Y a todas las personas que han creído en mí y que me apoyaron durante este proceso.*

*Johannys Shirlleys Vidal Daza.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco la colaboración suministrada de todos aquellos que aportaron sus conocimientos y herramientas para la realización de este proyecto, especialmente a:

Al director de este proyecto Ingeniero Civil MARIO GARCÍA SOLANO, por brindarme la oportunidad de trabajar en este proyecto siendo mi guía y compartiendo conmigo sus conocimientos y su tiempo.

A todos los profesores, porque sus enseñanzas y experiencias compartidas han sido la base para nuestro desarrollo en la parte teórica para desarrollar la investigación.

A los profesionales especialistas en los temas del medio ambiente e ingenieros civiles que contribuyeron con el suministro de información.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	15
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>4. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE.....</b>	<b>20</b>
5.1. CLASIFICACIÓN POR LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL .....	21
5.2. CLASIFICACIÓN POR LA INTENSIDAD .....	22
5.3. CLASIFICACIÓN POR LA EXTENSIÓN .....	22
5.4. CLASIFICACIÓN POR EL MOMENTO EN QUE SE MANIFIESTA .....	23
5.5. CLASIFICACIÓN POR SU PERSISTENCIA .....	24
5.6. CLASIFICACIÓN POR SU CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN .....	25
5.7. CLASIFICACIÓN POR LA RELACIÓN CAUSA-EFECTO .....	26
5.8. CLASIFICACIÓN POR LA INTERRELACIÓN DE ACCIONES Y/O EFECTOS ....	27
5.9. CLASIFICACIÓN POR SU PERIODICIDAD.....	28
5.10. CLASIFICACIÓN POR LA NECESIDAD DE APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS.....	30
<b>6. FACTORES IMPACTADOS.....</b>	<b>34</b>
6.1. AIRE.....	35
6.2. SUELO.....	38
6.3. AGUA.....	40
6.4. VEGETACIÓN .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.5
6.5. PESCA Y FAUNA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.5
6.6. MEDIO SOCIAL .....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.7

<b>7. ALGUNOS EMBALSES EN EL MUNDO.....</b>	<b>50</b>
7.1. <i>ITAIPÚ Y YACYRETÁ</i> .....	50
7.2. <i>ASUÁN</i> .....	63
7.3. <i>LA PRESA DE LAS TRES GARGANTAS</i> .....	69
<b>8. ESTADÍSTICAS MUNDIALES .....</b>	<b>74</b>
<b>9. EMBALSES EN COLOMBIA .....</b>	<b>77</b>
9.1. <i>PROYECTO RANCHERÍA</i> .....	80
9.2. <i>HIDROSOGAMOSO</i> .....	96
9.3. <i>OTROS EJEMPLOS EN COLOMBIA</i> .....	122
9.3.1. <i>URRÁ I Y II</i> .....	122
9.3.2. <i>EMBALSE EL QUIMBO</i> .....	127
<b>10. METODOLOGÍAS DESARROLLADAS PARA EVALUAR LA SOSTENIBILIDAD DE LOS EMBALSES .....</b>	<b>129</b>
<b>11. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) .....</b>	<b>138</b>
<b>12. METODOLOGÍA DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>143</b>
<b>13. CONCLUSIONES .....</b>	<b>153</b>
<b>14. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>158</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>159</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>159</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1. IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 2. IMPACTO POSITIVO Y NEGATIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 3. IMPACTO TOTAL, NOTABLE, MEDIO Y MÍNIMO .....</b>	<b>15</b>

<b>FIGURA 4. IMPACTO INMEDIATO .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 5. IMPACTO TEMPORAL .....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 6. CORRECCIÓN DE IMPACTOS .....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA 7. IMPACTO FUGAZ .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 8. IMPACTO ACUMULATIVO .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 9. IMPACTO SINÉRGICO .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 10. IMPACTO CONTINUO .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 11. IMPACTO DISCONTINUO .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 12. IMPACTO PERIÓDICO .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 10. IMPACTO APERIÓDICO .....</b>	<b>23</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 1. ACCIONES IMPACTANTES .....</b>	<b>26</b>
<b>CUADRO 2. FACTORES IMPACTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>CUADRO 3. FACTORES HIDROSOGAMOSO .....</b>	<b>92</b>
<b>CUADRO 4. PLANES DE MANEJO HIDROSOGAMOSO .....</b>	<b>103</b>
<b>CUADRO 5. ANEXO 1: IMPACTOS Y SU COMPORTAMIENTO .....</b>	<b>152</b>

## ÍNDICE DE IMÁGENES

FOTOGRAFÍA 1. PRESA ALTA DE ASUÁN .....	58
FOTOGRAFÍA 2. UBICACIÓN DE ASUÁN .....	58
FOTOGRAFÍA 3. PRESA DE LAS TRES GARGANTAS.....	62
FOTOGRAFÍA 4. EL GUAVIO .....	72
FOTOGRAFÍA 5. URRRA I .....	72
FOTOGRAFÍA 6. SALVAJINA .....	72
FOTOGRAFÍA 7. HIDRO MIEL .....	72
FOTOGRAFÍA 8. CHIVOR.....	72
FOTOGRAFÍA 9. CALIMA .....	72
FOTOGRAFÍA 10. ALTO CHICAMOCHA .....	72
FOTOGRAFÍA 11. EL PEÑOL.....	72
FOTOGRAFÍA 12. BETANIA .....	72
FOTOGRAFÍA 13. PROYECTO RANCHERÍA .....	77

## RESUMEN

**TÍTULO:** INVESTIGACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE EMBALSE DE AGUA

**AUTOR:**

VIDAL DAZA, Johannys Shirlleys

**PALABRAS CLAVES:** Impacto ambiental, embalses, mitigación, estudios de impacto, acciones impactantes, factores impactados, calidad ambiental, sostenibilidad de presas, matriz de impactos,

**CONTENIDO:** Cuando se realiza un proyecto de embalse, las empresas a cargo estudian las posibles afecciones que se pueden presentar en el ambiente y en las personas, y este estudio (EIA) se debe presentar ante las autoridades competentes quienes determinan la viabilidad del proyecto.

En los proyectos de embalse siempre se analizan por encima de todo los impactos positivos, y estos proyectos se ven siempre positivos y beneficiosos, y aunque no se pueden desmeritar las consecuencias favorables como la generación de energía eléctrica, el aprovechamiento de acueducto, los riegos de cultivos, el control de avenidas en un río, etc; en esta investigación pretende hacer énfasis en las consecuencias negativas de construcción de un embalse de agua.

Pero infortunadamente, los impactos que se presentan realmente son mucho más graves que los previstos y sus efectos son devastadores para la flora, fauna, aire, agua, suelos y el hombre. Estos atentan contra el equilibrio ecológico ocasionando perjuicios locales, que por su puesto se van expandiendo hasta que su impacto afecta a todo el planeta Tierra y por obviamente la población mundial.

Este proyecto contiene ejemplos latentes de impactos previstos e imprevistos que tuvieron consecuencias altamente desastrosas para el ambiente y seres humanos; entre ellos los más importantes y grandes del mundo como: Itaipú, Asuán, Las Tres Gargantas; otras en Colombia como: Urrá 1, El Quimbo, Hidrosogamoso, El Proyecto Ranchería y más.

También encontramos algunas metodologías para la evaluación del impacto ambiental de macroproyectos, así como la descripción de cada uno de los ítems que lo conforman.

---

**PROYECTO DE GRADO: INVESTIGACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE EMBALSE DE AGUA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL. DIRECTOR INGENIERO MARIO GARCÍA SOLANO**

## ABSTRACT

**TITLE:** RESEARCH ON ENVIRONMENTAL IMPACT STUDY FOR PROJECT WATER RESERVOIR

**AUTHOR:**

VIDAL DAZA, Johannys Shirleys

**KEY WORDS:** Environmental impact, dams, mitigation, impact studies, actions impacting factors impacted environmental quality, sustainability of dams, impact matrix,

**CONTENTS:** When performing a dam project, the companies studied by the possible conditions that may occur in the environment and people, and this study (EIA) must be filed with the competent authorities who determine the feasibility of the project.

The dam projects are always parsed above all the positive impacts, and these projects are always positive and beneficial, and although you can not demerit the positive consequences such as generating electricity, piped water use, irrigation of crops, flood control in a river, etc., in this research aims to emphasize the negative consequences of constructing a water reservoir.

But unfortunately, the impacts that do occur are much more severe than expected and its effects are devastating to flora, fauna, air, water, soil and man. These threaten the ecological balance causing local damage, which of course will expand until its impact affects the entire planet Earth and obviously the world's population.

This project contains examples latent intended and unintended impacts that were highly disastrous consequences for the environment and humans, among them the most important and largest as Itaipu, Aswan, the Three Gorges, others in Colombia as Urra 1, The Quimbo, Hidrosogamoso, Rancheria Project and more.

We also found some methodologies for environmental impact assessment of macro and the description of each of the items it contains.

---

**PROYECTO DE GRADO: INVESTIGACIÓN SOBRE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL PARA PROYECTOS DE EMBALSE DE AGUA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL. DIRECTOR: INGENIERO MARIO GARCÍA SOLANO**

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los embalses de agua han sido siempre considerados abiertamente beneficiosos para la naturaleza y para el hombre, y así como sus efectos positivos son innegables y evidentes desde todos los puntos de vista, se pueden presentar graves consecuencias negativas para la fauna y la flora de su entorno.

Desde el punto de vista puramente ingenieril, es claro que los embalses tienen finalidades que justifican su construcción, como son: producción de energía eléctrica, abastecimiento de agua, refrigeración de centrales térmicas, riego, cotos de pesca, prácticas deportivas, centros de investigación, etc. Pero un estudio más profundo, nos muestra que los proyectos de las represas causan cambios ambientales irreversibles, por lo tanto tienen el potencial para causar impactos importantes en el medio ambiente.

Para mitigar estos efectos, es imprescindible ampliar el horizonte de nuestros esfuerzos ambientales haciendo una integración rigurosa de los principios de prevención y de corrección en la gestión ambiental disponiendo de instrumentos como los “ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL”, los cuales son una excelente herramienta tanto para prevenir las posibles alteraciones que determinadas nuevas obras, instalaciones o Programas puedan producir en nuestro entorno; así como también para corregir los deterioros generados por proyectos en funcionamiento.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Cuando se construye un embalse, es evidente que una zona del terreno va a ser inundada irremisiblemente; por lo tanto, la primera consecuencia es la ocupación de las antiguas riberas y vegas de los cauces fluviales afectados por el vaso. Así pues, toda la vegetación va siendo sumergida y eliminada y consigo la utilización de tierras cultivables; altera el territorio, reduce la diversidad biológica; los animales adaptados a las antiguas orillas van siendo desplazados, algunos emigran pero otros mueren por no adaptarse al nuevo ecosistema. También produce el desplazamiento de los habitantes de las zonas anegadas, dificulta la navegación fluvial y el transporte de elementos nutritivos aguas abajo, disminuye el caudal de los ríos, modifica el nivel de las capas freáticas, la composición del

agua embalsada y produce una importante variación en el microclima, generando posteriormente también la desaparición de la fauna piscícola.

Entre muchas otras cosas, se puede presentar la contaminación del ecosistema acuático por acumulación de aguas en el fondo que alteran su temperatura y disminuyen el oxígeno disuelto; por la presencia del agua estancada se puede incrementar el peligro para la salud humana, aumento de nieblas, precipitaciones, aumento de plagas y enfermedades para los cultivos.

Ante esta situación nos encontramos en la necesidad de valorar el daño y el beneficio de modo racional y a largo plazo. Se hacen evaluaciones del IMPACTO AMBIENTAL que pretenden establecer equilibrio entre el desarrollo que produce la construcción de un embalse y el medio ambiente, buscando alternativas para minimizar las perturbaciones que ocasiona el proyecto sobre el entorno en el que se ubique.

Básicamente, esta valoración expresa la importancia del efecto de la ingeniería civil sobre una acción ambiental y ayuda a detener el proceso degenerativo y evitar problemas ecológicos, mejoran nuestro entorno y la calidad de vida, perfeccionan el proyecto, defiende y canaliza una solución acertada a los problemas que se presenten, canalizan la participación ciudadana, genera conciencia social del problema ecológico de nuestro planeta, entre otras.

Sin embargo, en algunos casos este estudio no pasa de ser un requisito mas para la empresa ejecutora del proyecto puesto que las principales motivaciones son económicas y políticas, restándole importancia a la preservación de los recursos que nos ofrece la naturaleza y olvidando totalmente que el éxito de la construcción de un embalse está en contribuir al desarrollo social reduciendo la demanda de agua y energía, manteniendo y protegiendo las fuentes naturales que nos sirven de herramienta para el desempeño del proyecto.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar una investigación acerca de los impactos asociados con algunos de los embalses construidos y operados en diferentes regiones, generando conclusiones útiles en la determinación básica de este tipo de problemas, que permita ilustrar los efectos negativos del proyecto desde la concepción del mismo hasta las etapas que constituyen su totalidad, coadyuvando a que se mitiguen tomando las medidas apropiadas durante la vida del proyecto.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio del impacto que sobre el Medio Ambiente, ocasiona la puesta en marcha de un proyecto de Embalse de Agua, así como la prevención, corrección y valoración del mismo con el fin de justificar su aceptación, modificación o rechazo; y comparar los efectos de éste antes, durante y después de su ejecución.
- Investigar y Estudiar los sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un Embalse causa sobre el Medio Ambiente y hacer una evaluación crítica de las mismas.
- Aplicar modelos y procedimientos para la evaluación de Impactos Ambientales en embalses ya construidos, en proceso y por construir.
- Realizar una valoración ambiental de las zonas de actuación de proyectos de embalse existentes, incluyendo en el análisis los aspectos de situación geográfica, clima, geología, edafología, riesgos naturales, vegetación, fauna, espacios naturales y paisaje; incluyendo también el punto de vista

socioeconómico: demografía, actividad económica y patrimonio cultural.

- Identificar cómo la evaluación de los impactos permite indicar las posibles medidas correctoras o minimizadoras de sus efectos.
- Señalar las alteraciones cualitativas y cuantitativas esperadas según las características del sistema natural en el que se situará el proyecto.
- Presentar una información integrada de los impactos sobre el Medio Ambiente, que una vez introducida en un modelo numérico de valoración, permita determinar un índice de impacto.

#### **4. MARCO TEÓRICO**

Los embalses, a pesar de sus desventajas, son necesarios para el desarrollo de los países, debido a que permiten elevar el nivel de vida al proveer electricidad y agua, tanto para consumo humano, como para aumentar la productividad agropecuaria.

Para que los proyectos que requieren de embalse tengan beneficios mayores, es necesario buscar que sean sostenibles, es decir, que aprovechen los recursos disponibles, teniendo en cuenta las necesidades de las generaciones futuras. Por esta razón, se han desarrollado diferentes metodologías para evaluar los embalses y compararlos con otros de características similares y así establecer como es la relación beneficio/perjuicio de cada una de las actividades q conlleva la construcción de un embalse.

El desarrollo sostenible es un término que hemos escuchado algunas veces y que tiene que ver con la combinación de aspectos económicos, sociales y ambientales que contribuyen al progreso de las comunidades.

Con esto se pueden utilizar los recursos renovables incrementando el nivel de vida de las comunidades y minimizando los efectos negativos que están asociados con el aprovechamiento de los estos recursos.

Dentro de estos proyectos se encuentran aquellos que se basan en el aprovechamiento de los recursos hídricos y uno de los más importantes y que genera controversia, es el almacenamiento de agua producido al represar un río, más conocido como embalse.

Los embalses construidos en ríos y arroyos interrumpen y regulan el flujo natural del agua, afectando profundamente a la hidrología y a la ecología del río. Los embalses cambian el ambiente en el cual viven los organismos loticos, con mucha frecuencia perjudicando a estos.

En el mundo existen cambios estacionales que hacen procesos en los ecosistemas y los seres vivos están adaptados a ellos, tanto que hacen parte de sus procesos metabólicos, reproductivos, etc; y en la zona de ríos, la forma de vida de los organismos loticos depende principalmente de ellos y de los nutrientes que transporta sus aguas.

Con la construcción de embalses en ríos o arroyos se interrumpe la circulación de nutrientes y el flujo del río.

Detrás de la presa, el flujo del agua se detiene mucho, formando como un gran charco de agua que se llena y desarrolla características similares a las de un lago natural aunque mantiene algunas características del sistema lotico, como por ejemplo, el flujo de entrada de agua constante. En ese lago se desarrolla un fuerte crecimiento de fitoplancton, y de plantas flotantes. Los peces de aguas corrientes, se reemplazan por nuevos peces que están adaptados a condiciones de tipo lacustre.

Existen diferentes tipos de embalse: Los *embalses de un solo propósito* sirven para el control de las inundaciones o para el almacenamiento de agua; los *embalses multipropósito* proporcionan energía hidroeléctrica, agua de irrigación y recreación, entre otros usos. Un embalse para el control de inundaciones tiene un vaso mínimo; éste se llena solamente durante la inundación, en cuyo momento el flujo de entrada es mayor que el de salida. El agua se libera lentamente para minimizar las inundaciones río abajo. Con el tiempo el agua retenida detrás de la represa retrocede a la profundidad original.

Durante y después de la avenida o creciente, el río aguas abajo de la presa transporta una fuerte corriente durante un tiempo que erosiona el lecho fluvial. Durante las épocas normales, el flujo aguas abajo del embalse está estabilizado.

Si el embalse es para almacenamiento de agua, el vaso tendrá tamaño máximo; pero durante periodos de escasez de agua y sequía, la bajada de nivel de agua puede ser considerable y se expone a que mueran gran parte de los seres vivos de la zona. Solamente una cantidad mínima de agua se libera de la presa río abajo, generalmente una cantidad exigida por la ley, si existe.

Los embalses hidroeléctricos y de múltiple propósito mantienen una cantidad variable de agua, determinada por las necesidades del consumidor. Durante periodos de producción de energía, la descarga de agua a pulsos es suficientemente fuerte como para eliminar o desprender la vida bentónica, río abajo, la cual está constituida por los organismos que viven en el fondo del agua y tiene dificultades para restablecerse aun bajo las mejores condiciones.

Los embalses con grandes vasos de agua se estratifican, con una estructura vertical bien desarrollada (epilimnion, metalimnion e hipolimnion. Ver Figura).

Si el agua se descarga desde la capa superior del vaso el efecto del flujo río abajo es similar al de un lago natural. El agua cálida, rica en nutrientes y bien oxigenada, crea condiciones muy favorables para algunas especies de peces aguas abajo de la presa. Si la descarga se hace desde el hipolimnion frío, río abajo se recibe agua fría, con poco oxígeno, que transporta una acumulación de hierro y otros minerales, además de una concentración de materiales orgánicos solubles. Estas condiciones adversas para la vida del arroyo pueden persistir a lo largo de cientos de miles de kilómetros río abajo, antes que el río alcance un punto cercano a las condiciones normales. Las estructuras con compuerta de descarga selectiva o con circulación artificial inducida para aumentar la concentración de oxígeno, reducen esos problemas en algunos embalses.

El impacto de los embalses se agrava cuando se construye sobre un río una serie de embalses multipropósito (como sucede actualmente con el río Paraná). La cantidad de agua liberada que va río abajo disminuye con cada embalse hasta que al final toda el agua se consume y el río simplemente se seca. Esto describe también la situación del río Colorado, el río más regulado del mundo. El río está

prácticamente seco cuando llega a México y desaparece antes que alcance la desembocadura del Golfo de California.

Es por todo esto que se debe buscar una forma de hacer que los embalses sean aceptados por la sociedad en general y que además sean sostenibles. Por lo tanto, es necesario que los embalses que se hagan en el futuro tengan dentro de los parámetros de diseño criterios relacionados con el desarrollo sostenible para así poder maximizar el bienestar de las actuales generaciones, sin afectar el de las generaciones futuras.

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS TIPOS DE IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Se dice que hay impacto ambiental cuando la acción de un proyecto de ingeniería, en este caso un embalse, produce una alteración favorable o desfavorable en el medio ambiente o en algunos de sus componentes. Este impacto es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado y la situación del medio ambiente futuro tal como si no se hubiese ejecutado el proyecto es decir, la alteración neta, positiva o negativa de la calidad de vida del ser humano y el ambiente. En la figura se muestra la variación del impacto con el tiempo.

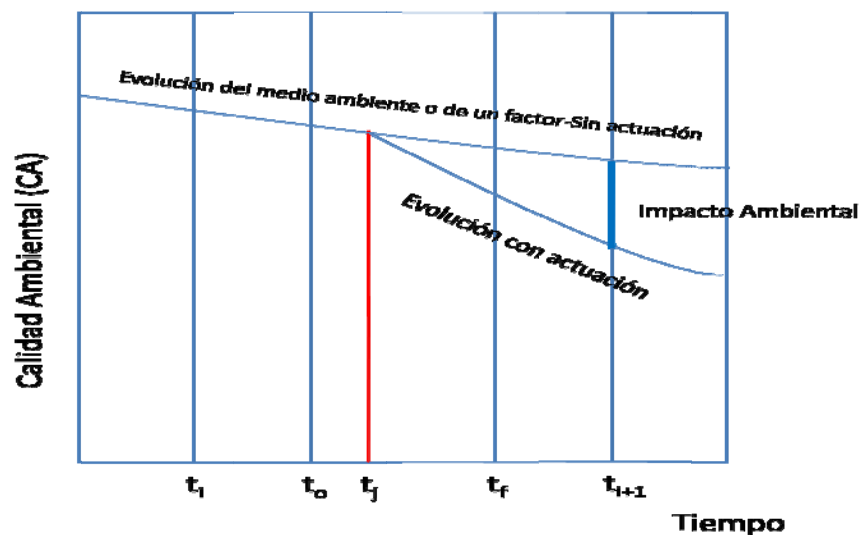


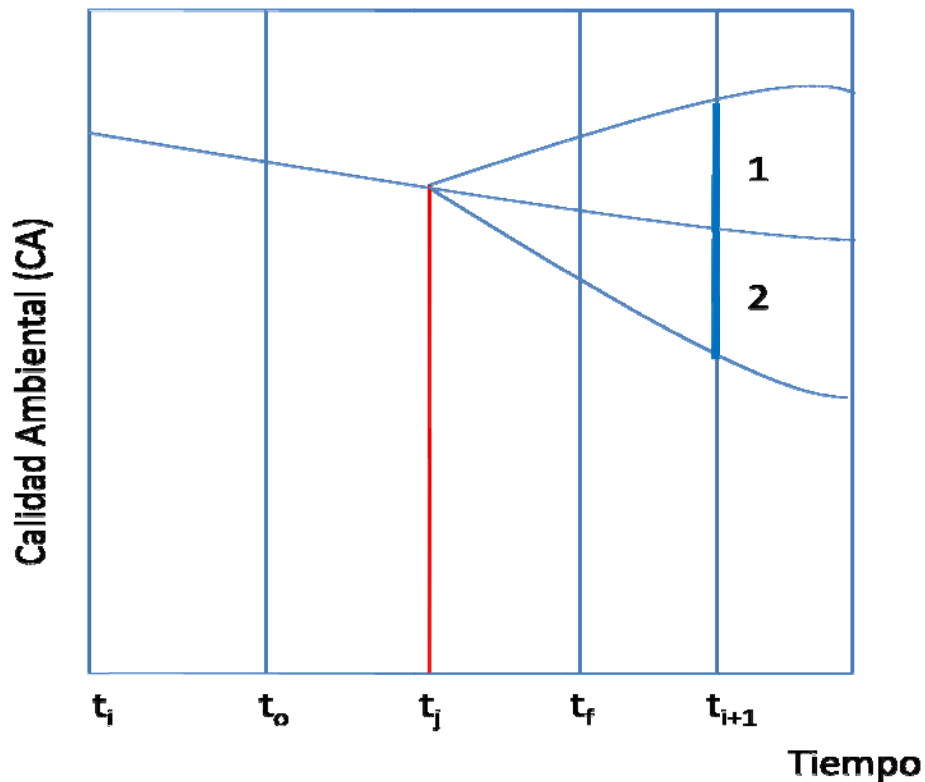
Fig.1. *Impacto Ambiental*

Una vez definido el concepto de impacto ambiental, se expone una clasificación de los distintos tipos de impacto más comunes que tienen lugar sobre el medio ambiente.

### **5.1 CLASIFICACIÓN POR LA VARIACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL:**

Impacto Positivo: Aquel, admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de una análisis de costos y beneficios y de los aspectos externos de la actuación sobre el medio ambiente.

Impacto Negativo: Aquel cuyo efecto se traduce en pérdida del valor naturalístico, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica, contaminación, erosión y demás riesgos ambientales que deterioren la estructura ecológico-geográfica de una zona.



**Fig.2. Impacto Positivo (1) y Negativo (2)**

## 5.2 CLASIFICACIÓN POR LA INTENSIDAD:

Impacto Notable o Muy Alto: Aquel cuyo efecto se manifiesta como una modificación del medio ambiente que puede producir en el futuro repercusiones apreciables en el mismo. Expresa una destrucción casi total del factor considerado en el caso en el que se produzca el efecto; si llega a ocurrir una destrucción completa, el impacto se denomina TOTAL.

Impacto Mínimo o Bajo: Aquel cuyo efecto expresa una destrucción mínima del factor considerado.

Impactos Medio y Alto: Aquellos cuyo efecto se manifiesta como una alteración del medio ambiente que se encuentran situadas entre los niveles anteriormente descritos.

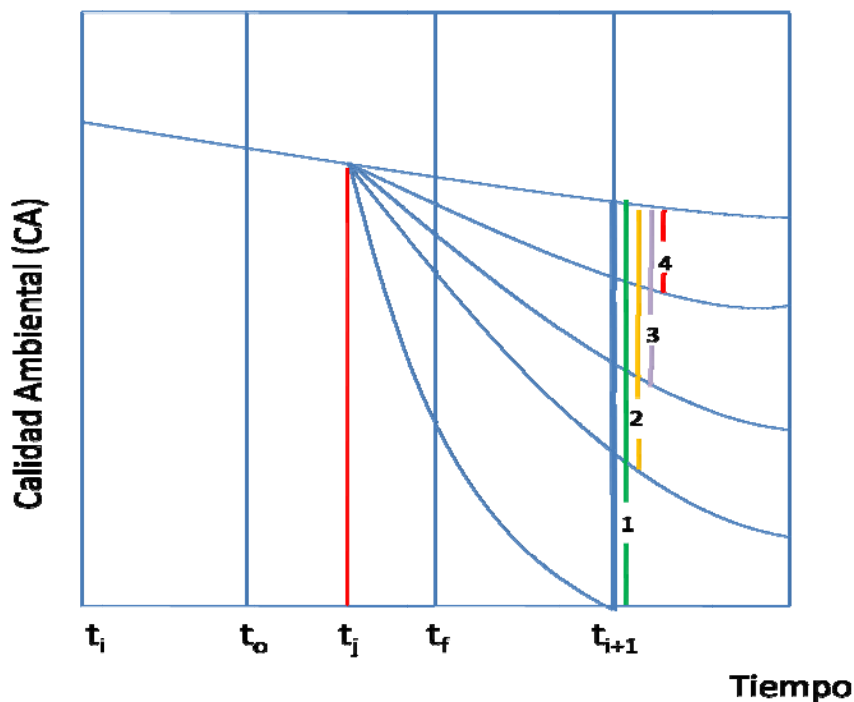


Fig.3. *Impacto Total (1), Notable (2), Medio (3) y Mínimo (4)*

## 5.3 CLASIFICACIÓN POR LA EXTENSIÓN:

Impacto Puntual: Cuando la acción impactante produce un efecto muy localizado.

Impacto Parcial: Aquel cuyo efecto considera una incidencia apreciable en el medio.

Impacto Extremo: Aquel cuyo efecto se detecta en una gran parte del medio considerado.

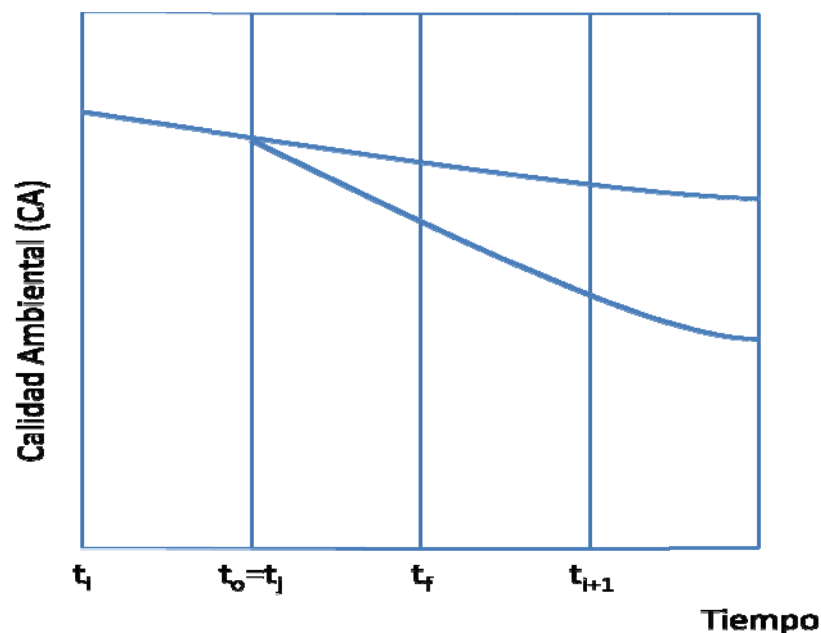
Impacto Total: Aquel cuyo efecto se manifiesta de manera generalizada en todo el entorno considerado.

#### **5.4 CLASIFICACIÓN POR EL MOMENTO EN QUE SE MANIFIESTA:**

Impacto Latente (corto, medio y largo plazo): es aquel cuyo efecto se manifiesta al cabo de cierto tiempo desde el inicio de la actividad que lo provoca, como consecuencia de un aporte progresivo de agentes, cuyo límite ha sido sobrepasado y puede ocasionar grandes problemas debido a su alto índice de imprevisión.

Impacto Inmediato: aquel que se manifiesta en el mismo momento que se inicia la acción

Impacto de Momento crítico: Aquel en que el momento en que tiene lugar la acción impactante es crítico independiente del plazo de manifestación, por ejemplo ruido por la noche en las proximidades de un centro hospitalario.



**Fig.4. Impacto Inmediato**

## 5.5 CLASIFICACIÓN POR SU PERSISTENCIA:

Impacto Temporal: Aquel cuyo efecto supone alteración no permanente de tiempo, con un plazo de manifestación que puede determinarse.

Si la duración del efecto es inferior a un año, se considera que el impacto es *Fugaz*, si dura entre uno y tres años, *Temporal*, si dura entre cuatro y diez años, *Pertinaz*.

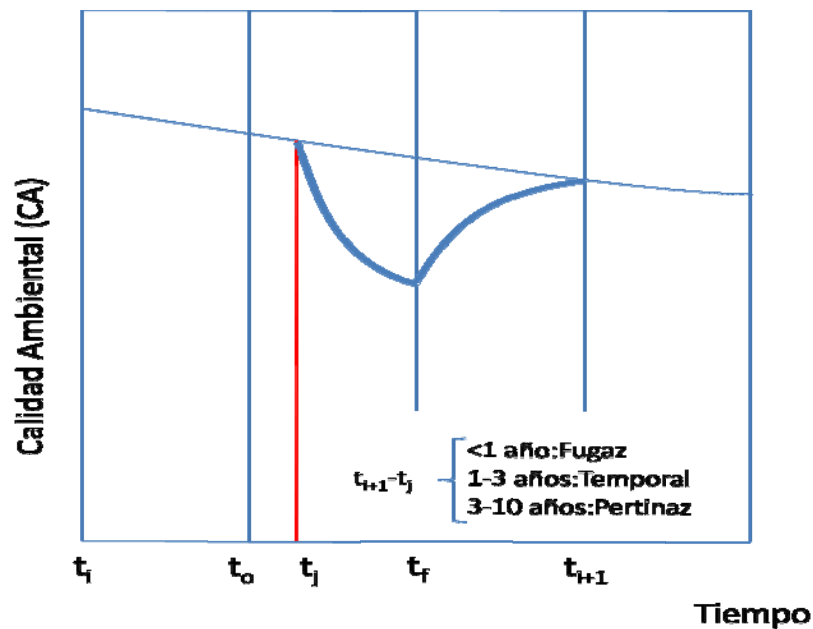


Fig.5. *Impacto Temporal*

Impacto Permanente: Aquel cuyo efecto considera una alteración indefinida en el tiempo, con una duración de la manifestación del efecto superior a 10 años.

## 5.6 CLASIFICACIÓN POR SU CAPACIDAD DE RECUPERACIÓN

Impacto Irrecuperable: Aquel en el que la alteración del medio que considera es imposible de reparar tanto por la acción natural como humana.

Impacto Irreversible: Aquella cuyo efecto supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a la situación anterior a la acción que lo produce.

Impacto Reversible: Aquel en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible, a corto, medio o largo plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio.

Impacto Mitigable: Efecto en el que la alteración puede mitigarse de una manera notoria, mediante el establecimiento de medidas correctoras.

Impacto Recuperable: Efecto en el que la alteración puede eliminarse por la acción humana, estableciendo las oportunas medidas correctoras, y así mismo es aquel en que la alteración que supone puede ser reemplazable.

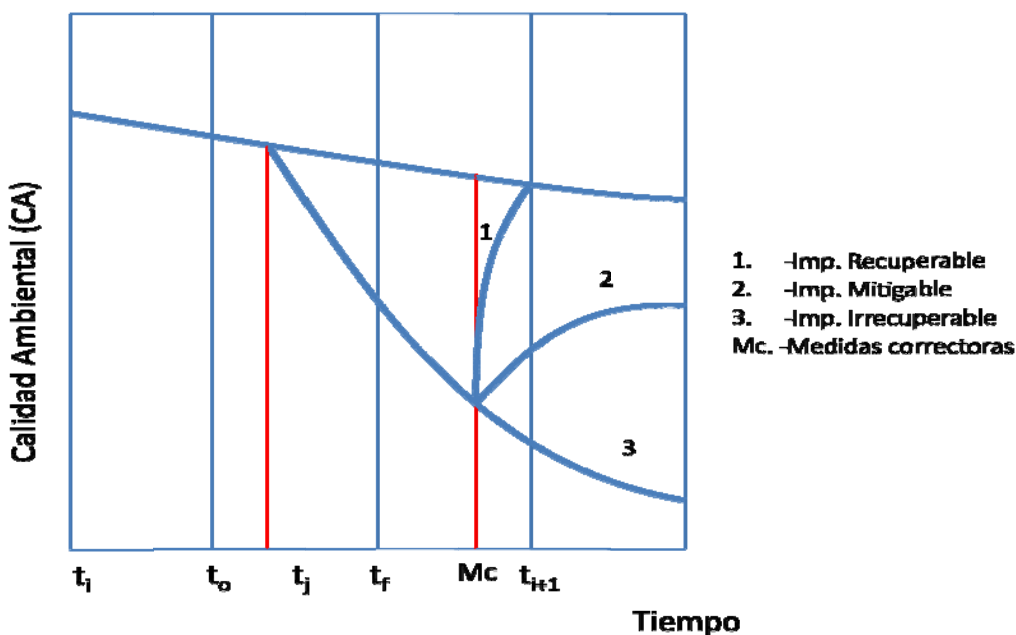
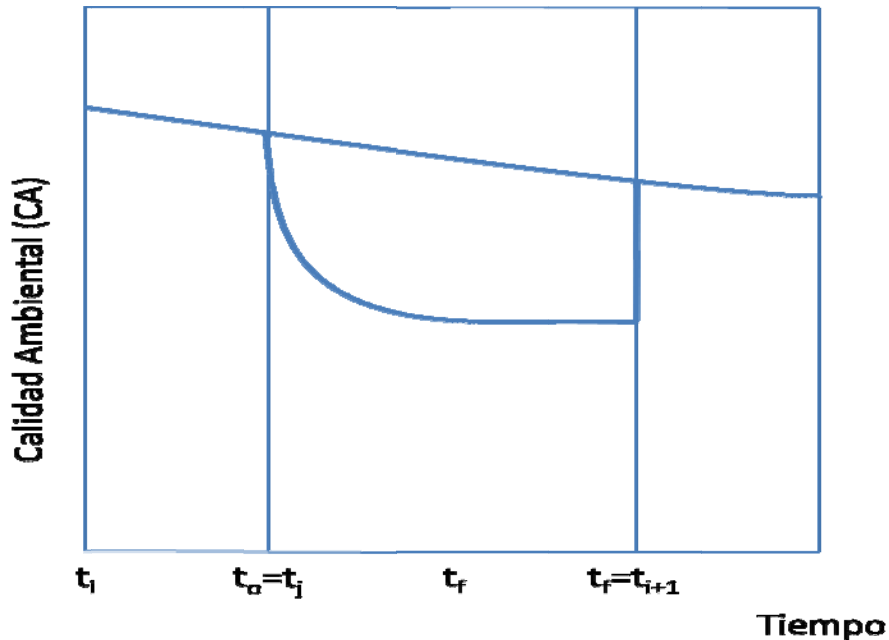


Fig.6. Corrección de Impactos

Impacto Fugaz: Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad y no necesita practicas correctoras o protectoras.



**Fig.7. Impacto Fugaz**

### **5.7 CLASIFICACIÓN POR LA RELACIÓN CAUSA-EFECTO:**

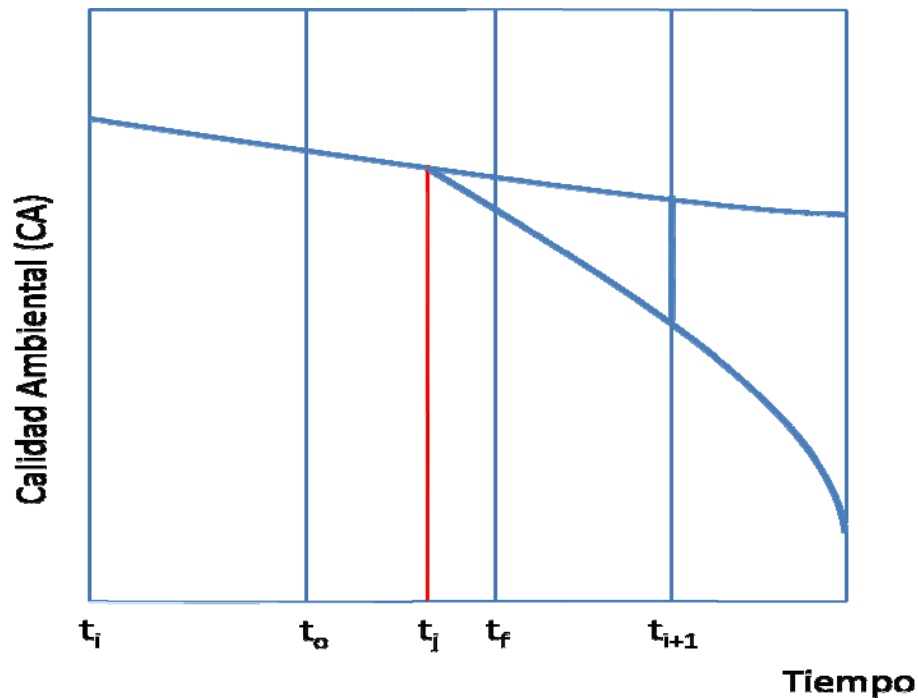
Impacto Directo: Es aquel cuyo efecto tiene una incidencia inmediata en algún factor ambiental.

Impacto Indirecto o Secundario: Aquel cuyo efecto supone una incidencia inmediata respecto a la interdependencia de un factor ambiental con otro.

### **5.8 CLASIFICACIÓN POR LA INTERRELACIÓN DE ACCIONES Y/O EFECTOS:**

Impacto Simple: Aquel cuyo efecto se manifiesta sobre un solo componente ambiental, o cuyo modo de acción es individual, sin consecuencias en la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia (La sinergia es la integración de sistemas que conforman un nuevo objeto.).

Impacto Acumulativo: Aquel efecto que al prolongarse en el tiempo la acción del agente inductor, incrementa progresivamente su gravedad porque el medio carece de mecanismos de eliminación con efectividad temporal similar a la del incremento de la acción causante del impacto.



**Fig.8. Impacto Acumulativo**

Impacto Sinérgico: Aquel que se produce cuando el efecto conjunto de la presencia simultánea de varios agentes o acciones, supone una incidencia ambiental mayor que el efecto suma de las incidencias individuales contempladas aisladamente. También se incluye en este tipo aquel efecto cuyo modo de acción induce con el tiempo la aparición de otros nuevos.

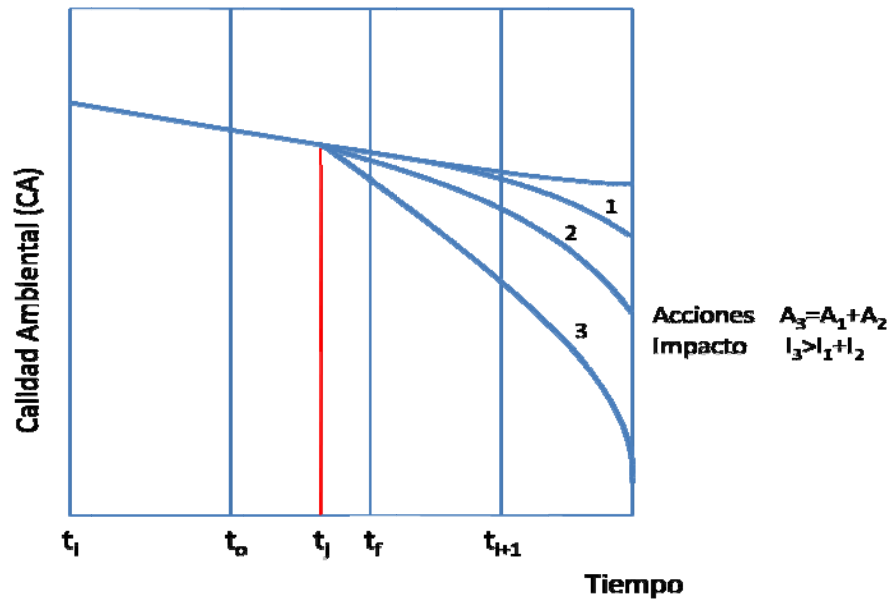


Fig.9. *Impacto Sinérgico (3)*

### 5.9 CLASIFICACIÓN POR SU PERIODICIDAD:

Impacto Continuo: Cuando la modificación en la calidad del ambiente se produce sin interrupciones durante un tiempo definido.

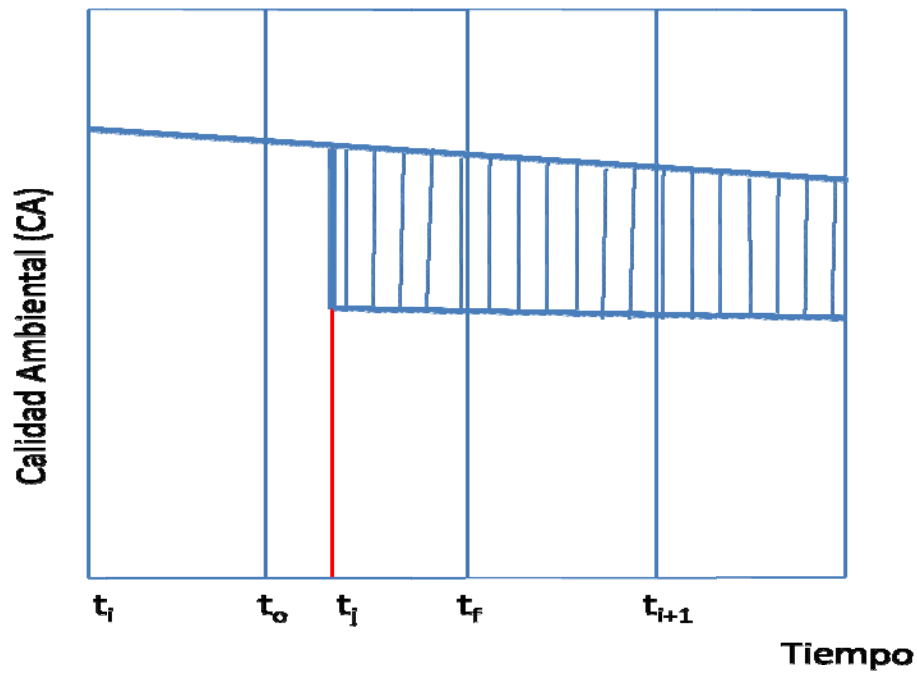
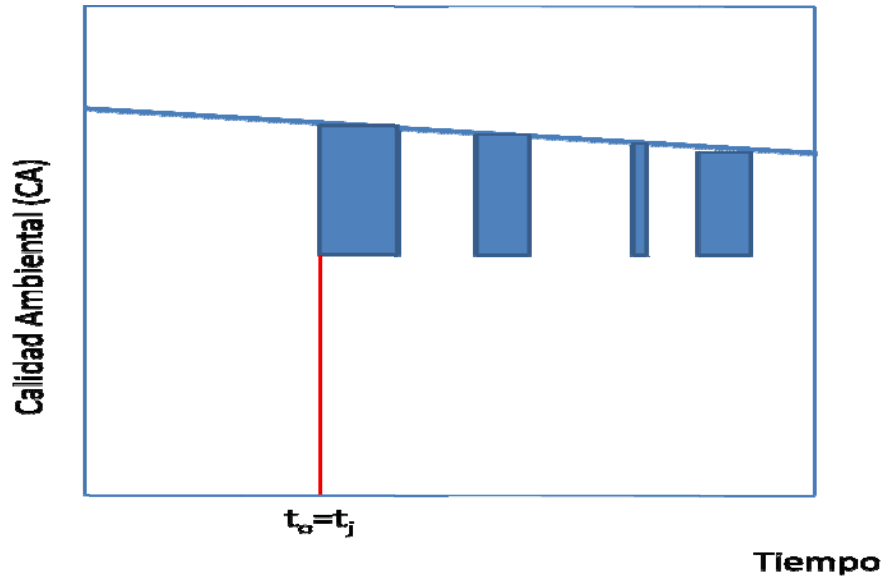


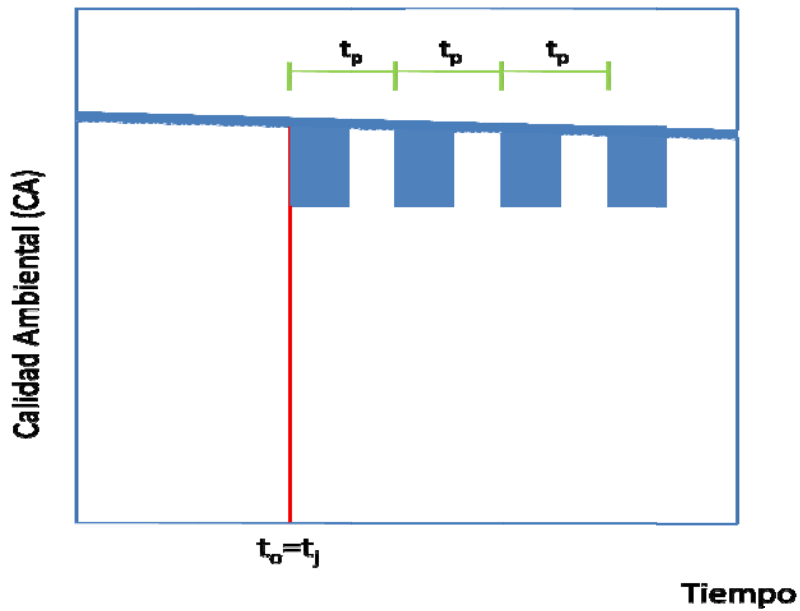
Fig.10 *Impacto Continuo*

Impacto Discontinuo: Aquel cuyas manifestaciones se presentan de forma irregular.



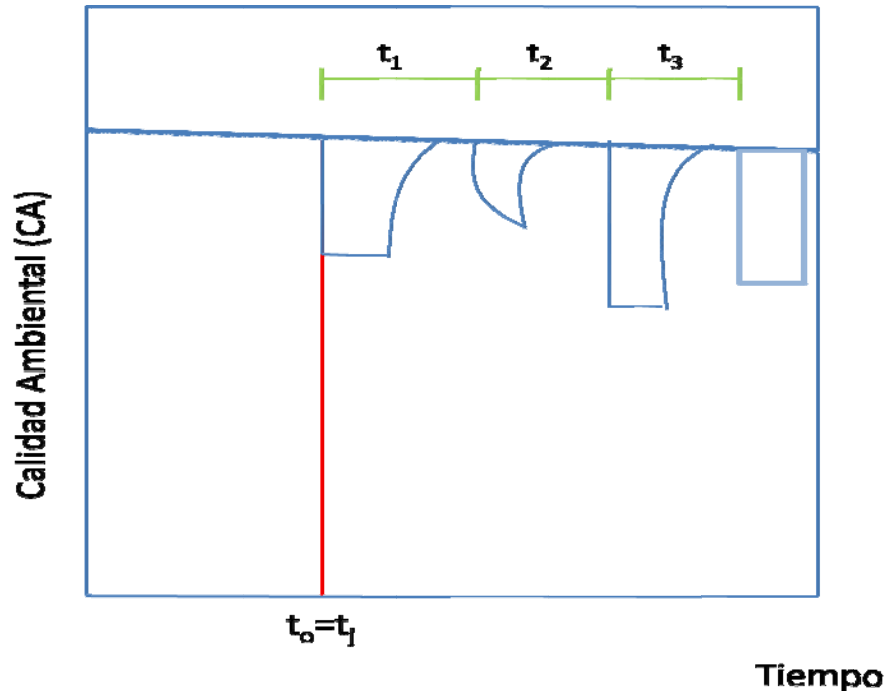
**Fig.11 Impacto Discontinuo**

Impacto Periódico: Aquel cuyo efecto se manifiesta con un modo de acción intermitente y continua en el tiempo.



**Fig.12 Impacto Periódico**

Impacto de Aparición Irregular: Aquel cuyo efecto se manifiesta de forma imprevisible en el tiempo y cuyas alteraciones es preciso evaluar en función de una probabilidad de ocurrencia, sobre todo en aquellas circunstancias no periódicas ni continuas, pero de gravedad excepcional.



**Fig.13 Impacto Aperiódico**

#### **5.10 CLASIFICACIÓN POR LA NECESIDAD DE APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTORAS:**

Impacto Ambiental Crítico: Efecto cuya magnitud es superior a la aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas correctoras o protectoras. Se trata pues de un impacto Irrecuperable.

Impacto Ambiental Severo: Efecto en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas correctoras o protectoras y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un periodo de tiempo largo. Solo los impactos Recuperables posibilitan la introducción de medidas correctoras.

Impacto Ambiental Moderado: Efecto cuya recuperación no precisa practicas correctoras o protectoras intensivas y en el que el retorno al estado inicial del medio ambiente no requiere un largo espacio de tiempo.

A continuación se expone una clasificación de los diferentes tipos de impacto que se presentan sobre el medio ambiente en las diferentes fases de la construcción de un Embalse.

Cabe aclarar que la clasificación no es excluyente, es decir, pueden existir muchos impactos no descritos y también un impacto específico puede pertenecer a varios grupos tipológicos. Por otra parte, aquí se habla de una manera muy general, resaltando que en todos los embalses no se presentan los mismos impactos ni la misma intensidad de los mismos; ello depende de la posición geográfica, del clima, del tipo de suelo, etc.

Comenzaremos analizando las acciones que debido a la ejecución del proyecto van a incidir sobre el medio durante la fase de construcción, la fase de funcionamiento o explotación, y también analizaremos la fase de abandono o derribo, la cual no siempre se tiene en cuenta pero hay casos en los cuales estas circunstancias conllevan perturbaciones sobre el medio ambiente.

Para identificar estas acciones, se contemplan los siguientes aspectos:

- Acciones que modifican el uso del suelo:
  - Por nuevas ocupaciones
  - Por desplazamiento de la población
- Acciones que implican emisión de contaminantes:
  - A la atmósfera
  - Al agua
  - Al suelo

- Acciones derivadas del almacenamiento de residuos:
  - Dentro de la actividad
  - Transporte
  - Vertederos
  - Almacenes especiales
- Acciones que implican sobreexplotación de recursos:
  - Materias primas
  - Consumos energéticos
  - Consumos del agua
- Acciones que actúan sobre el medio biótico:
  - Emigración
  - Disminución
  - Aniquilación
- Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje:
  - Topografía y suelo
  - Vegetación
  - Agua
  - Naturalidad
- Acciones que repercuten sobre la infraestructura.
- Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural.

FASE DEL PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES
Construcción	Derivación de aguas y ataguías
	Caminos y Pistas de acceso y montaje
	Infraestructuras (Líneas de transporte eléctrico, canales y conducciones de agua)
	Obras de construcción
	Transporte de materiales
	Movimiento de maquinaria pesada
	Vertido de tierra y otros materiales
	Edificios de obra
	Deforestación de vaso
	Explotación canteras
	Reposición de vías destruidas o inundadas
	Expropiaciones
	Incremento de la mano de Obra
Funcionamiento	Presa y embalsamiento de agua
	Infraestructuras
	Cambios del nivel de agua embalsada
	Regulación del caudal de aguas debajo de la presa.
	Acciones socioeconómicas que afectan a empleo, mantenimiento de instalaciones, riesgo de accidentes, etc.
	Acciones inducidas (Riego de terrenos, actividades recreativas, nuevas urbanizaciones, repoblaciones forestales...)
	Cambio de temperatura del agua en el vaso
	Sobreexplotación de recursos

Abandono o derribo	Elementos y estructuras abandonadas
	Acumulación de material demolido o fuera de uso
	Nuevo cauce fluvial en el embalse vacío
	Restablecimiento del régimen natural del río

**CUADRO.1**

## 6. FACTORES IMPACTADOS

Una vez identificadas las acciones, se presenta un estudio sobre los efectos que estas causan sobre los principales factores del medio ambiente.

En primera instancia, mencionaremos el *medio natural* con los siguientes factores impactados:

FACTORES IMPACTADOS		
Medio natural	Aire	Calidad, gases, partículas, microclima, vientos dominantes, contaminación sonora, pluviometría, evaporación, visibilidad, heladas.
	Tierra	Pérdida de suelo fértil, recursos minerales, materiales construcción, erosión, reposición, compactación y asentamientos, estabilidad de laderas, características físicas, características químicas, permeabilidad, sedimentación, inundaciones, morfología de laderas.

	Agua	Calidad, recursos hídricos, recarga, contaminación aguas superficiales, contaminación acuíferos, nivel freático, velocidad de la corriente, estratificación térmica, evaporación, salinización, turbidez.
	Flora	Diversidad, productividad, especies endémicas y amenazadas o en peligro, estabilidad, comunidades vegetales, aporte de lodos a la vegetación ribereña.
	Fauna	Destrucción directa, destrucción del hábitat, diversidad, biomasa, especies endémicas, especies en peligro, estabilidad en los ecosistemas, cadenas tróficas, roedores, insectos, aves, peces, otros invertebrados, otros vertebrados.
	Percepción visual del paisaje	

**CUADRO.2**

### **6.1 AIRE:**

**CALIDAD:** Para la construcción del vertedero y del dique principal, se utiliza una gran cantidad de hormigón; la producción y almacenamiento de este despiden un gran número de partículas que contaminan el aire.

Este material penetra en la nariz y se deposita en los pulmones, en donde se acumula en la mucosa. Los principales afectados son los trabajadores del embalse ya que casi siempre presentan una enfermedad llamada silicosis, la cual disminuye la capacidad de transporte de oxígeno, causando un esfuerzo cardíaco y a veces la muerte.

## MICROCLIMA:

Nuestro planeta se encuentra protegido por la atmósfera, de no existir o en caso de ser muy tenue, las oscilaciones diarias de temperatura serían enormes. Algunos de los componentes gaseosos de la atmósfera principalmente el agua y el dióxido de carbono, retienen parte del calor solar que ha logrado atravesar la envoltura.

Las 52.000 represas en el mundo contribuyen más de 4% al calentamiento global. Los embalses son la fuente más grande de emisiones causadas por humanos, contribuyendo a alrededor de un cuarto de las emisiones totales.

Las grandes represas podrían hacer la mayor contribución al calentamiento global, emitiendo 104 millones de toneladas de gas metano cada año. "Hoy hay más que suficiente evidencia que demuestra que las grandes represas son la fuente mayor de contaminantes que agravan el cambio climático." (Fuente:<http://www.crisisenergetica.org/>).

El metano es un gas más potente que el dióxido de carbono para atrapar el calor, aunque no dura el mismo tiempo en la atmósfera.

Un año de emisiones de una represa grande, tiene un impacto de calentamiento equivalente a más de 20 años de 7.5 billones de toneladas de dióxido de carbono -esto es más alto que las emisiones totales de dióxido de carbono que se emiten por la quema de combustibles fósiles en los Estados Unidos. Los combustibles fósiles o combustibles minerales son mezclas de compuestos orgánicos que se extraen del subsuelo con el objetivo de producir energía por combustión; Este puede utilizarse directamente, quemándose para producir calor y movimiento, en hornos, estufas, calderas y motores o también se puede usar para obtener electricidad en las centrales térmicas, en las que con el calor generado al quemar estos combustibles se obtiene vapor de agua, el que conducido a presión, y puede poner en funcionamiento un generador eléctrico.

El metano es creado por la descomposición de materia orgánica en los embalses. Las cantidades masivas producidas en áreas tropicales por represas hidroeléctricas significan que estas represas contribuyen más al calentamiento que las plantas de electricidad más sucias. Esta es sólo la segunda estimación publicada en literatura científica de las emisiones de gases efecto invernadero de represas.

### **EJEMPLO: PRESA BALBINA EN BRASIL**

En su momento, debió parecer un caso sensato de desarrollo sostenible. En los años 80, se inundaron unos 2.500 Km<sup>2</sup> de la selva amazónica para crear la presa de Balbina, de forma que pudiese alimentar la demanda de la ciudad brasileña de Manaus. Se perdió un pedazo considerable selva tropical, pero Brasil accedió a una fuente de energía no contaminante. Es un acuerdo que Brasil ha hecho bastantes veces; más del 80% de su electricidad nacional proviene de plantas de generación hidroeléctrica.

El problema proviene de la materia orgánica del embalse. Grandes cantidades de la misma quedan atrapadas, cuando se inunda la tierra al hacer la (re)presa y todavía más llega a ella por el flujo fluvial después. En las cálidas aguas de los embalses tropicales, esta materia se descompone para formar metano y dióxido de carbono. Aunque ambos son gases de efecto invernadero, la principal preocupación es con el metano cuyo impacto sobre el calentamiento global es 20 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>, en un periodo de 100 años. En el caso concreto de Balbina, existe ahora un consenso general: si se trataba de evitar emisiones de gases de efecto invernadero, una planta de combustibles fósiles hubiese sido mejor.

El Instituto Nacional de Investigación de la Amazonia en Manaus realizó un trabajo, basado principalmente en cálculos teóricos, observando el agua que sale de los embalses. Muchos de ellos liberan el agua desde varios metros por debajo de la superficie, por lo que el flujo pasa

por un cambio abrupto de presión. Se calcula que esto provoca una liberación de metano, de forma similar al burbujeo de una botella de gaseosa cuando se abre la tapa. Sus últimos resultados sugieren que una planta hidroeléctrica convencional en el trópico emitirá, durante los diez primeros años de vida, unas cuatro veces más carbono que una planta equivalente de combustible fósil.

Para Balbina, sólo las emisiones curso abajo tienen el mismo potencial de calentamiento de efecto invernadero que el 6% de todos los combustibles fósiles que consume Sao Paulo, una ciudad de 11 millones de habitantes.

### VIENTOS

Las temperaturas están ligadas a la procedencia del viento; siendo los vientos del Sur cálidos y los del Norte frescos, este cambio de tendencias está claramente en consonancia con el aumento de las temperaturas observadas en los embalses. Por lo tanto se puede explicar fácilmente el cambio en el patrón de vientos que ha contribuido al aumento de vientos del Sur y su correspondiente aumento de las temperaturas.

PLUVIOMETRÍA: Debido al gran espejo de agua generado con los embalses, sumado a la superficie que ocupa el río en su estado actual, habría un aumento de la humedad en la región, provocando un aumento de las lluvias y creando condiciones adversas para determinados tipos de cultivo así como al ecosistema regional.

### **6.2 SUELO:**

Las propiedades del suelo situado en el vaso del embalse y en los terrenos adyacentes, sufren notables cambios debido a la sumersión en agua. Esto afecta principalmente a la textura del suelo y la evolución natural de los estratos u horizontes. La presencia permanente de agua en el terreno origina un proceso de hidromorfización, debido al cual

aparecen ambientes con escasa presencia de oxígeno y carácter reductor, circunstancia que provoca un empobrecimiento del terreno, de ahí que el impacto sea *negativo*. Dada la carencia de singularidad del recurso, se estima una intensidad media.

Como el porcentaje del terreno que ocupa el vaso es muchísimo menor que el de la cuenca, es evidente que en lo referente a la extensión se puede considerar un efecto *parcial*.

A pesar de que cierta superficie no estará sumergida durante todo el año, se considera que el período que sí lo esté le afectará lo suficiente como para considerar los efectos como *permanentes*. Debido a la imposibilidad de actuar sobre los terrenos sumergidos, se ha de considerar que el impacto es *irreversible*.

## **PROCESOS EROSIVOS SOBRE EL SUELO EN UN EMBALSE**

Diferentes acciones y procesos pueden producir la aparición de diferentes procesos erosivos que deriven en pérdidas de tierra. Algunas de las causas que incitan tal efecto son los mencionados a continuación:

- La circulación de vehículos por caminos sin asfaltar degrada la estructura del suelo y origina roderos que se convierten en canales preferentes para la circulación de aguas en caso de lluvias.
- La extracción de materiales del vaso y los terrenos circundantes deja el suelo sin cubierta vegetal que frene la energía con la que impactan las gotas de lluvia sobre el terreno, acelerándose los procesos erosivos.

### 6.3 AGUA

Al represar un río y crear una laguna, se cambia profundamente la hidrología y limnología del sistema fluvial. Se producen cambios dramáticos en el flujo, la calidad, cantidad y uso del agua, los organismos bióticos y la sedimentación de la cuenca del río.

Si el terreno inundado tiene muchos árboles y no se limpia adecuadamente antes de inundarlo, la descomposición de esta vegetación gastará los niveles de oxígeno en el agua. Esto afecta la vida acuática, y puede causar grandes pérdidas de peces. Los productos de la descomposición anaeróbica incluyen el sulfuro de hidrógeno, que es nocivo para los organismos acuáticos y corroe las turbinas de la represa; y el metano, que es un gas de invernadero. El dióxido de carbono, el gas principal que se produce, también incita los riesgos de invernadero.

La descomposición de la materia orgánica (por ejemplo, los árboles) de las tierras inundadas enriquece los alimentos del reservorio. En algunos casos, cuando se usan fertilizantes aguas arriba, en los embalses de uso agrícola, éstos se unen a los alimentos que se acumulan y se reciclan en el reservorio. Esto soporta no solamente la pesca, sino también el crecimiento de las hierbas acuáticas, como nenúfares y jacintos de agua. Las esteras de hierbas y algas pueden constituir molestias costosas. Si obstruyen las salidas de la represa y los canales de riego, destruyen la pesca, limitan la recreación, aumentan los costos de tratamiento del agua, impiden la navegación y aumentan sustancialmente las pérdidas de agua a causa de la transpiración.

Las partículas suspendidas que trae el río se asientan en el reservorio, limitando su capacidad de almacenamiento y su vida útil, privando el río de los sedimentos, aguas abajo. Como el sedimento ya no se deposita, aguas abajo, esta pérdida de alimentos deberá ser compensada mediante la adición de fertilizantes, para mantener la productividad agrícola. La liberación de las aguas libres de sedimentos, relativamente, puede lavar los lechos, aguas abajo. Sin embargo, la sedimentación del reservorio produce agua de más alta calidad para riego, y consumo industrial y humano.

Sin embargo, a causa de esta sedimentación existe vulnerabilidad al fenómeno de eutrofización, el cual hace referencia al enriquecimiento de nutrientes en el agua. El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático.

Con la eutrofización empiezan a proliferar algas unicelulares, lo más a menudo algas verdes.

La explosión de algas que acompaña a la primera fase de la eutrofización provoca un enturbiamiento que impide que la luz penetre hasta el fondo del ecosistema. Como consecuencia en el fondo se hace imposible la fotosíntesis, productora de oxígeno libre, a la vez que aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno de los descomponedores, que empiezan a recibir los excedentes de materia orgánica producidos cerca de la superficie. De esta manera en el fondo se agota pronto el oxígeno por la actividad aerobia y el ambiente se vuelve pronto anóxico. Los radicales cambios que sufre el ambiente, hace inviable la existencia de la mayoría de las especies que previamente formaban el ecosistema.

En algunos casos, el proceso de eutrofización puede terminar por convertir al cuerpo de agua en tierra firme. Esto ocurre porque los nutrientes que ingresan masivamente al sistema generan una gran biomasa de organismos de vida que al morir se acumulan sobre el fondo y no son totalmente consumidos por organismos degradadores (especialmente bacterias).

La acumulación de materia orgánica termina por convertir al cuerpo de agua en un pantano y, posteriormente, en tierra firme.

Un ejemplo de esto, lo vemos en el embalse de Tominé ubicado en el municipio de Sesquilé-Cundinamarca, en el cual aparecieron grandes extensiones de buchón, fruto de la eutrofización de las aguas.

El embalse de Tominé tiene una gran importancia tanto para la Sabana de Bogotá como para el resto de la capital de la república pues regula el caudal del río Bogotá, es base de generación de energía eléctrica, y surte de agua para riego y para consumo humano a sectores importantes de los tres municipios que lo circundan (Guasca, Sesquilé y Guatavita).

Entre las causas que explican el proceso de eutrofización de las aguas están el aporte de nutrientes proveniente de las cuencas de los ríos Aves, Siecha y Chipatá, producto de las actividades agropecuarias; el vertimiento de las aguas residuales de los municipios circunvecinos; el bombeo al embalse de aguas del río Bogotá y la descomposición de la vegetación arbórea y arbustiva ubicada por debajo de la cota de inundación del rebosadero del embalse.

Adicionalmente, el cultivo de hortalizas en la región, con la aplicación de plaguicidas con concentraciones de compuestos organoclorados y organofosforados, en algunos casos superiores a las permitidas, hace su aporte a la contaminación de las aguas que desembocan en el embalse de Tominé.

De la misma manera, es notable el bajo nivel de tratamiento de las aguas residuales en los tres municipios del embalse: Sesquilé, aunque cuenta con un alcantarillado con cobertura superior al 90%, vierte sus aguas sin ningún tratamiento; Guasca, posee alcantarillado con deficiencias de funcionamiento y las aguas residuales se descargan al río Siecha que las vierte finalmente al embalse y, en el caso de Guatavita, pese a contar con una planta de tratamiento, hay vertimientos directos al embalse.

Como vimos, con el llenado del embalse aumenta el riesgo de eutrofización y con este, el principal cambio se da en la calidad del agua.

Como resumen se puede afirmar que el efecto del embalse aguas arriba sobre la calidad de agua traerá consigo:

- Aumento de la DBO(Demanda Bioquímica de Oxígeno)
- Incremento de la turbidez del agua debido a los aportes de materia orgánica y de tierra precedente de la erosión de las laderas del embalse.
- Riesgo de aparición de los malos olores por la digestión anaerobia en los sitios más estancados.

Por lo tanto este impacto es *negativo* porque empeora la calidad del agua y degrada el recurso con la consiguiente afección a las poblaciones de fauna que en él habitan o que de él dependen.

Este impacto tiene una *intensidad media* ya que el agua es un recurso de gran importancia económica y ambiental en cuyo caso lo es tanto por los hábitats que de él dependen como por su escasez.

El alcance de este impacto se estima de acuerdo a la longitud del río embalsado.

La calidad del agua disminuye al quedar retenida. En un primer momento se reduce considerablemente debido a la presencia de sólidos en suspensión y sustancias no biodegradables; posteriormente y si no se llega a producir eutrofización, la calidad del agua mejoraría por la sedimentación de dichas partículas hasta estabilizarse con una concentración de oxígeno menor, aunque por debajo de la calidad original. Por estas circunstancias se ha considerado que el impacto es *permanente*.

Aguas abajo de la presa también se produce una disminución de la calidad de agua, sin embargo se produce una ligera mejoría con relación al agua aun almacenada en el embalse, ya que con la liberación del agua del embalse provoca una mejoría en su oxigenación. Debido al tiempo de permanencia del agua en el embalse, gran cantidad de las partículas en suspensión se habrán depositado en el fondo, por lo que la calidad del agua también aumenta; por esta razón la merma en la calidad del agua no es tan significativa, pero su liberación del embalse trae consigo dos efectos indeseables:

- Al tratarse de un agua clara, sin sólidos, su capacidad erosiva aumenta con lo cual se podrán producir pérdidas de suelo.
- El agua liberada del embalse sale de este con una temperatura menor de la que le correspondería en su estado natural, originando modificaciones en la biocenosis y pudiendo afectar a la vegetación.

La intensidad de este impacto es *media*, dado que este tiene mucha importancia desde el punto de vista ambiental.

El efecto es permanente porque la alteración de la calidad de agua se produce como consecuencia de la existencia de la presa. De la misma manera, y dado el elevado costo económico necesario para su aplicación, se considera que el *efecto es irreversible*.

## MODIFICACIONES EN EL RÉGIMEN FLUVIAL

La formación de un embalse implica una profunda alteración del régimen fluvial del río donde se construye. En cualquier caso ha de garantizarse que el río mantenga el caudal ecológico en los meses que presenta un caudal permanente de agua.

La pérdida de la naturalidad originada por las modificaciones introducidas en las fluctuaciones habituales del nivel del río, origina cambios en los cuales han de adaptarse las comunidades vegetales de ribera y las poblaciones de fauna existente. Esta es la razón en virtud de la cual se considera este efecto como *negativo*.

Se ha considerado que la intensidad del impacto es media con efectos permanentes e irreversibles, ya que las circunstancias son consecuencia directa de la interposición del dique en el curso habitual del río, y no es paliable (capaz de ser minimizado) con ninguna medida correctora.

Los efectos adicionales de los cambios en la hidrología de la cuenca del río, incluyen variaciones en el nivel freático, aguas arriba y abajo del reservorio, y problemas de salinización; estos tienen impactos ambientales directos y afectan a los usuarios aguas abajo.

## PRESENCIA DE VECTORES EPIDEMIOLÓGICOS

Más de 45 mil grandes represas se han construido en todo el mundo represando más la mitad de los ríos del planeta que han quedado fragmentados.

Con la construcción de nuevas represas, se producirá un aumento de las áreas inundadas, las aguas de los lagos, como la de los arroyos tributarios tanto urbanos como rurales, con aporte de nutrientes, ampliarán la posibilidad de incremento de vectores. Las posibles fluctuaciones de los niveles hidrométricos, han de permitir, por la existencia de barros, la presencia estable de más de 85 especies de mosquitos de géneros *Aedes*, *Anopheles*, *Coquilletidea*, *Culex*, *Haemagogus*, *Psorophora* y *Sabethes*.

Con la eutrofización las grandes acumulaciones de algas, formarán pilas en descomposición y condiciones perjudiciales sobre los bordes; allí se formarán focos de reproducción de insectos y

moluscos, propiciando el hábitat ideal de vectores de las enfermedades que hoy son endémicas, entre ellos los moluscos del género *Biomphalaria* (transmisor de la esquistosomiasis – el mal de las represas, que convirtió a Brasil en el país más contaminado del mundo, con cifras de enfermos que superan los doce millones de habitantes).

#### **6.4 VEGETACIÓN**

Normalmente, la zona dispuesta para la inundación, alberga una vegetación especialmente valiosa. El embalse produce un gran impacto sobre la vegetación, porque se destruyen varios kilómetros de bosque de ribera, y además amplias variedades de especies, quedan cubiertas por las aguas del embalse *y en descomposición. De ahí que todas las represas emiten gases de efecto invernadero que aportan al calentamiento global por la descomposición y putrefacción de la biomasa.*

También se destruyen bosques con la apertura de caminos para el paso de maquinarias y otras infraestructuras. A su vez los desplazados destruyen más bosques para su reasentamiento eliminando más biodiversidad.

La contaminación del agua en la represa Belem en Brasil generó 300,000 toneladas de carbono expuestos que produjo espuma tóxica y mató a fauna y flora.

Todo esto conforma además, un entorno de baja calidad estética y paisajística.

#### **6.5 PESCA Y FAUNA**

Como se dijo anteriormente, la pesca, usualmente, se deteriora, debido a los cambios en el caudal o temperatura del río, la degradación de la calidad del agua, la pérdida de los sitios de desove y las barreras que impiden la migración de los peces. Sin

embargo, se crean recursos de pesca en el reservorio, que, a veces, resultan más productivos que los que hubo, anteriormente, en el río.

Los peces sufren debido a los cambios en el flujo y la calidad del agua. Las variaciones en el caudal de agua cambia la distribución de las especies y las formas de reproducción de los peces.

El mayor impacto para la fauna se originará en la pérdida de hábitat, que ocurre al llenar el embalse y cuando se producen los cambios en el uso del terreno de la cuenca. Pueden afectar los tipos de migración de la fauna, debido al embalse y las actividades que se relacionan con éste. La fauna y las aves acuáticas, los reptiles y los anfibios pueden prosperar gracias a la presa.

Las represas y los trasvases son la principal razón del por qué el 33% de las especies de peces de agua dulce del mundo se han extinguido, están en peligro de extinción o son vulnerables. El porcentaje aumenta en países cuyos ríos han sido altamente represados – casi un 75% en Alemania-. Un significativo pero desconocido porcentaje de mariscos, anfibios y especies de plantas y aves que dependen del hábitat de agua dulce también están extintos o en peligro de extinción. Las descargas de agua fría de la presa mata algunas especies de peces y toda la biodiversidad que depende de las inundaciones naturales. Desplaza y mata animales de ecosistemas; elimina humedales, fuentes subterráneas de agua, bosques únicos y la fertilidad de las tierras por los sedimentos naturales que ya no llegan.

Algunas represas provocaron que muchos animales se quedaran acorralados en pequeñas islas y murieran de hambre. Los embalses bloquean por kilómetros el paso de peces, insectos y animales terrestres hacia el río arriba o río abajo. Los canales o escaleras para peces como el salmón que han sido construidos a un lado de las represas para dejar el paso a los peces no han tenido éxito.

Impedir el paso de especies de peces migratorios era el impacto ecosistémico más significativo, registrando en más del 60% de los proyectos.

En Norteamérica la construcción de represas es una de las principales causas de la extinción de especies de agua dulce. En Estados Unidos, de tantas presas en el río Colorado su agua ya no llega al mar y en su delta han desaparecido jaguares y garzas y un

gran número de pueblos indígenas que ahí pescaban y cultivaban. En el río Columbias entre el 5 y el 14% del salmón adulto pierde la vida en cada una de las ocho represas construidas en él. En Tailandia la represa Pak Mun eliminó 51 especies de animales y se perdieron 11,250 toneladas de peces del sistema del río Senegal. El mar salado o lago Aral en la antigua Rusia, de 67,000 km cuadrados, el cuarto lago más grande del mundo, ha perdido el 50% de su superficie y más del 75% de su volúmen ya que se han desviado los dos principales ríos que desembocaban en él para los cultivos en el desierto. 20 de las 24 especies de peces que tenían han desaparecido. Con la represa Tucuruí (Brazil) se perdieron 285 mil has de bosques tropicales y su vida silvestre. En otras regiones han desaparecido camarones y tortugas que no pudieron migrar. **(Fuente:** <http://es.wikipedia.org/wiki/Embalse>).**)**

## **6.6 MEDIO SOCIAL**

Las aguas estancadas de las represas generan enfermedades como la esquistosomiasis que por medio de los caracoles se producen en las aguas estancadas o de movimiento lento, como sucedió en las represas de Kariba, Aswan y Akosombo. Entre otras enfermedades que se asocian con la construcción de las represas están: disentería, diarreas, desnutrición, proliferación inusual de mosquitos, viruela, erupciones en la piel, infecciones vaginales, cáncer, tuberculosis, sífilis, fiebre amarilla, dengue y leishmaniasis. Aunque muchas personas no apoyan esta suposición, al parecer hay impactos que generan las líneas de transmisión de energía de alta tensión y entre estos están las malformaciones físicas al nacer; el aumento de cáncer y leucemia en niños, los tumores cerebrales o problemas en el sistema nervioso.

En China el cáncer de hígado se ha asociado a la presencia de toxinas cianobacteriales en el agua potable. En la década de los 90 la Universidad de Helsinki estudió el mercurio en embalses tropicales. La concentración de mercurio era siete veces mayor en las personas que comían pescado. Las represas en regiones tropicales producen un exceso de maleza acuática y de cianobacterias tóxicas. También la actividad minera cerca de los embalses elevan los niveles de mercurio en los peces que se convierte en metilmercurio que afecta al sistema nervioso central.

Además, por lo general, los residuos humanos, las aguas negras de los poblados vecinos van a dar a los embalses que tienen poco movimiento de sus aguas.

En ciertos lugares la construcción de represas atrae personal externo a la comunidad, lo que genera la importación de prostitución y enfermedades de transmisión sexual que se agudiza con la presencia de la policía o el ejército que custodia el proyecto.

El paludismo se extendió alrededor de la represa Itaipú; y las fiebres y la malaria se difundieron con mayor rapidez en las represas Sarovar y Upper Krishna en la India, en Brasil y en otros países de África la malaria es la principal causa de muerte. Por lo menos unas 40,000 personas que viven en la cuenca de la Amazonía han sufrido de picazón en los pies y otros impactos en la salud debido a la descarga de aguas sucias de la presa Tucuruí (Brasil).

Con las represas en el río Tocantis (Brasil) se presentaron muchos problemas estomacales donde se registraron muchos niños fallecidos luego de beber agua.

Durante una visita a Chile en 1998, James Wolfensohn, Presidente del Banco Mundial, admitió que el apoyo del Banco a la represa Pangué había sido un error, y que el Banco había hecho “un mal trabajo” durante la evaluación del impacto ambiental del proyecto, puesto que la población pehuenche que vive en la zona no fue consultada.

La represa Grand Coulee inundó tierras indígenas además de tres ciudades, sin embargo a los no indígenas se les indemnizó y a los indígenas les pagaron menos, poco y tarde. Entre los afectados no se han tomado en cuenta tampoco a los que no tienen tierras o título legal de las mismas, a quienes son empleados en las tierras de quienes se inundarán, como en el proyecto de la presa Itzantún en Chiapas. Muchas de las indemnizaciones se excluyen a este tipo de grupos, incluyendo a los indígenas. En el caso de los desplazados de sus tierras por la represa Kao Maem (México), pertenecían a la etnia Karen y eran considerados ilegales por lo que no se les consideró en el reasentamiento.

Con la presa Kariba en África, la tribu Tonga no recibió lo prometido: electricidad, agua, carreteras, escuelas y hospitales. 40 años después les dieron electricidad, en 1997.

Para construir una represa, durante las negociaciones con los futuros desplazados se les prometen por lo general siete elementos básicos: energía eléctrica en el nuevo poblado de reasentamiento, agua potable algunas veces gratuita, alimentos, proyectos de 'desarrollo', pavimentación de calles, transporte y la construcción de infraestructura social como clínicas y escuelas. Muchas veces son promesas incumplidas y en ocasiones han pasado 5, 25 o hasta 50 años de la duración de la vida útil de una represa y jamás han recibido los beneficios prometidos.

En Indonesia ocho personas se ahogaron durante el acto de protesta contra la represa. En Paraguay la policía golpeó a los pobladores que construyeron chozas improvisadas en las costas de la reserva de Yacyretá. En Colombia la represión contra los oponentes de las represas continuas, y líderes indígenas han sido brutalmente asesinados o están desaparecidos.

La resistencia del pueblo Tonga a la construcción de la represa Kariba tuvo un saldo de 30 heridos y ocho personas muertas por armas de fuego del gobierno colonial. "En Nigeria, en abril de 1980, la policía disparó contra quienes obstruían las carreteras en protesta contra la represa Bakolori; los cálculos no oficiales colocan el número de víctimas mortales en más de 126". (Fuente: [www.ecoportal.net/.../Impacto\\_y\\_Consecuencias\\_de\\_las\\_Represas](http://www.ecoportal.net/.../Impacto_y_Consecuencias_de_las_Represas)).

Más de 80 millones de personas han sido desplazadas de sus tierras. En China se calcula que las grandes represas han desplazado a un 27% de todas las personas desplazadas por proyectos de desarrollo que incluyen puentes, carreteras, expansión urbana, etc. En India la cifra es del 77%. Entre los proyectos que financió el Banco Mundial (BM) y que implicaron desplazamientos de población de sus lugares de origen, las represas fueron las causantes del 65% de esa población desplazada, asegura la Comisión Mundial de Represas (CMR). (Fuente: [www.ciepac.org/boletines/chiapasaldia.php?id](http://www.ciepac.org/boletines/chiapasaldia.php?id)).

## 7 ALGUNOS EMBALSES EN EL MUNDO

Como hemos visto, el porcentaje de construcción de represas en el mundo es alto; algunas han sido construidas para mejorar el nivel de vida de las comunidades, otras con fines políticos; en algunas se tiene muy en cuenta la opinión y los efectos sobre los pobladores de las áreas cercanas, en otras se pasa por encima de las comunidades sin importar la forma cómo se alteran los estilos de vida de ellos. En la mayoría de los casos, el ataque al medio ambiente deja pérdidas irrecuperables y valiosas, y lastimosamente los procedimientos de mitigación de impactos se limitan en muchos casos, a un proceso legal; aunque no se puede dejar de resaltar que no siempre un proyecto de embalse representa perjuicios para las sociedades.

A continuación estudiaremos algunos embalses importantes en el mundo y sus efectos.

### 7.1 ITAIPÚ Y YACYRETÁ

El río Paraná, de 4.000 km de extensión total, incluyendo los ríos Paranaíba y Grande, de cuya confluencia se origina en territorio brasileño, abarca una cuenca total de 3.000.000 km<sup>2</sup>. Debido a su caudal y a la extensión de su cuenca, el Paraná es uno de los mayores ríos del mundo.

La Cuenca del Rio Paraná es de las potencialmente más ricas del planeta; su variedad morfológica y climática ha generado en ella diferentes recursos hídricos. Los países que gozan del condominio de sus recursos hídricos superficiales son la Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, cada uno de los cuales sustenta distintos intereses en la utilización del agua. Además es la segunda cuenca más grande de sur América, después de la del río Amazonas.

En épocas pasadas presentaba gran cantidad de saltos de agua y rápidos que han sido aprovechados para construir embalses y represas, como las de **Itaipú** y **Yacyretá**.

El tramo brasileño es el más modificado por la acción del hombre: la vegetación subtropical circundante ha sido completamente

reemplazada por campos dedicados a la agricultura y la cría de ganado y su valle de inundación fue sumergido bajo los embalses, lo que alteró totalmente los regímenes fluviales del río.

## **ITAIPÚ**

Es una de las represas hidroeléctricas más grandes del mundo, y se sitúa sobre el Rio Paraná, en las fronteras del Paraguay y del Brasil.

El motivo de su construcción surgió de la necesidad de expansión y desarrollo del Brasil, ya que en la década del 60 se enfrentaba a un fuerte y avanzado proceso de industrialización. Brasil y Paraguay pensaron en aprovechar un tesoro común: el desnivel que existía en el río Paraná entre el salto Guairá y la desembocadura del río Iguazú, de 120m. Los dos países aprovecharon la caída natural para la generación de energía. La construcción empezó en 1975 y emplearon 32.000 trabajadores. Ésta obra faraónica fue terminada en 1982. En Octubre de este año se cerraron las compuertas para iniciar el llenado del vaso, y en 14 días el río dejó de correr y todo el paisaje local empezó a transformarse; lo que era tierra se transformó en agua, lo que era río se transformó en lago.

La presa consta de 18 unidades generadoras de energía, donde cada una de ellas es capaz de proveer energía a una ciudad de 1.500.000 habitantes. Esta planta abastece el 25% de la energía consumida en el Brasil, y el 75% de la consumida en Paraguay. Posee una altura de 196m correspondiente a la de un edificio de 65 pisos. Brasil era el más interesado en suplir su inminente déficit energético, sin embargo, ambos países sin Itaipú estuvieran soportando hoy una crisis de energía sin precedentes.

### **Resumen Descripción General EMBALSE ITAIPÚ:**

Represa al río Paraná

**Función:** Aprovechamiento hidroeléctrico

**Ubicación:** Cerca de las cataratas de Iguazu, Paraná (Brasil) y Alto Paraná (Paraguay)

### **Materiales:**

Estructura de la presa: Concreto reforzado

Estructura de la presa: Concreto compactado con rodillo

**Dimensiones y cantidades:**

Altura: 196 m

Longitud: 4,8 millas

Grosor de la base: 273 m

Volumen del lleno de la presa: 15.000.000 m<sup>3</sup>

Capacidad de almacenamiento del embalse: 28.883 billones de metros cúbicos

Qmedio: 9000 m<sup>3</sup>/s

Capacidad para la generación de energía eléctrica: 12600 MW

**Notas:**

El costo total de esta presa fue de \$18 billones

La planta generadora de energía hidroeléctrica tiene una presa principal con contrafuerte doble y una extensa pared lateral de contrafuertes individuales.

Esta presa puede clasificarse dentro de tres tipos: presa de gravedad, contrafuerte y terraplén

La estructura principal, una presa hueca de gravedad de concreto, tiene una central eléctrica capaz de generar 12.600 megavatios de electricidad. Esto es suficiente para proveer de energía a la mayor parte del estado de California. En realidad la enorme presa provee el 25% del abastecimiento de energía de Brasil y el 75% del abastecimiento de energía de Paraguay.

Los ingenieros en realidad tenían que cambiar el curso del séptimo río más extenso en el mundo, alrededor del sitio de construcción antes de construir la presa Itaipú. Les tomó a los obreros casi tres años labrar un canal de desviación para el río de 1,3 millas de longitud, 91,44 m de profundidad y 149,35 m de ancho. Cincuenta millones de toneladas de tierra y roca fueron eliminadas en el proceso.

La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles reconoció esta asombrosa hazaña y nombró la presa Itaipú una de las "Siete Maravillas del Mundo Moderno".

Los ingenieros escogieron una presa hueca de gravedad porque esta requería 35% menos concreto que una presa de gravedad sólida. La presa hueca aún es pesada y suficientemente fuerte para resistir el empuje del agua enteramente por su propio peso.

El volumen de hierro y acero usado en la presa sería suficiente para construir 380 torres Eiffel.

La presa es una atracción turística principal. Más de nueve millones de visitantes provenientes de 162 países han visitado la estructura desde que fue terminada en 1991.

## **MANEJO AMBIENTAL**

Se llevó a cabo el "PLAN DIRECTOR DE PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE". Este proyecto preveía una serie de medidas a corto, mediano y largo plazo, con el fin de mitigar el impacto negativo sobre el medio ambiente.

Este plan comprendió los siguientes aspectos:

- Estudios de la topografía y características del suelo.
- La investigación sistemática sobre la calidad del agua del río Paraná y sus afluentes fue una de las prioridades del plan director. Cuando se hizo el desvío del río en la primera etapa para construir la presa principal, se hicieron mediciones del transporte de sedimentos sólidos del río Paraná y sus afluentes. Para esto se emplearon técnicas que incluyeron el uso de radioisótopos para el rastreo del movimiento de estos sedimentos.
- Clasificación de la fauna: estudio de hábitat, hábitos, alimentación y enfermedades, para tomar medidas para la preservación.

- Inventario de la cantidad de mamíferos, réptiles, aves e insectos para planear su salvamento y futura repoblación.
- Investigación arqueológica e histórica para reconstruir la historia del hombre en la región, recuperando y preservando el patrimonio arqueológico y cultural.
- Estudios climáticos que permitieron el conocimiento de las condiciones atmosféricas regionales con el fin de realizar las previsiones de tiempo necesarias para el aprovechamiento hidroeléctrico, de navegación y uso agropecuario.
- Modificación en la red vial construyendo nuevas carreteras en ambos márgenes (Brasil y Paraguay) de 500 km de extensión con 40 nuevos puentes.
- Relocalización de la población residente en el área del embalse.
- Cuando empezó a crecer el lago comenzó el proyecto Bimbaquera que significa fauna. Consistió en el rescate de animales que fueron llevados a refugios posteriormente. Se salvaron más de 34000 animales de diferentes especies; cuando el lago alcanzó el nivel deseado los animales fueron liberados y volvieron a su hábitat natural en los refugios biológicos del Paraguay y del Brasil, destinados a la preservación de la fauna y flora regional donde también se realizan importantes trabajos de investigación.

Los estudios de la fauna nativa prosiguieron en levantamientos de campo y el desarrollo de un programa de Creación en cautiverio de especies en amenazadas de extinción.

- La preocupación por los peces abarca la biodiversidad y la producción pesquera siendo ambos monitoreados mediante convenios con universidades e instituciones de investigación ambiental. Estudios de biología pesquera permitieron conocer las modificaciones de la fauna acuática. Alrededor de 120 especies de peces fueron clasificadas en la región. Estos

estudios sirvieron para dar a la zona su justo potencial pesquero y beneficiar a las poblaciones cercanas.

Con miras al desarrollo de la piscicultura fue implementado el proyecto de Tanques-Red que procuró la creación intensiva de las especies nativas del río Paraná y de esta manera se puso a disposición de los habitantes de la región una fuente de renta alternativa.

Se creó una estación de apicultura en la margen paraguaya con el objeto de favorecer la reproducción de especies nativas al área del embalse y para apoyar las actividades de ictiología.

Para mitigar el impacto ambiental sufrido por las especies migratorias de peces, fue construido debajo de la represa y en carácter experimental el canal de migración para desove.

El incentivo a la actividad pesquera en el embalse se desarrolló en forma continua. Los pescadores comercializan 4 ton diarias de pescado.

- Creación de una franja de bosques con 1400 km de extensión compuesta de árboles nativos, para marcar el límite de la zona de protección del embalse conformando la poligonal envolvente del mismo.
- Investigación minuciosa de la flora destacando las variedades forestales valiosas y recolectando muestras para estudio.
- La flora: 28000 Ha de tierras bordeando el embalse recibieron más de 20 millones de pequeñas plantas nativas y fructíferas producidas en viveros de la Itaipú. La franja forestal alrededor del embalse trajo grandes beneficios, entre ellos la preservación de la calidad del agua, protección de los márgenes del lago contra la erosión, conservación de la fauna terrestre y acuática y finalmente el control ecológico de epidemias gracias a la presencia de especies botánicas fundamentales a este efecto. Esta franja se hizo en la zona de Brasil y tiene 300m de ancho; allí más de 20 millones

de árboles fueron plantados. La vegetación en Paraguay fue preservada.

- Salud: este aspecto fue ampliamente atendido con campañas de vacunación, educación sanitaria y obras de saneamiento. Las medidas implementadas hacia el control y la erradicación de vectores de enfermedades tales como el de la Malaria, el Mal de Chagas y Fiebre amarilla; posibilitaron que en el área del gran lago no haya sido registrada ninguna clase de epidemia. Para esto se contó con el apoyo de los respectivos ministerios de salud y universidades del Paraguay y de Brasil.
- Se construyó un museo de ciencias naturales pensando en la educación. En este ecomuseo están expuestas las muestras y es posible conocer las relaciones entre la naturaleza y el hombre; y las nuevas generaciones aprenden a cuidar de la tierra, aire y agua.
- También se creó un Zoológico en el cual los animales se mantienen también para fines educativos y para hacer estudios biológicos sobre la preservación de la vida salvaje.
- Se realizan seminarios de medio ambiente y cursos de evaluación de efectos ambientales para dar informes periódicos de las actividades.
- Se benefició la navegación, antes casi inexistente, con la inundación de los saltos rápidos y el aquietamiento de las corrientes turbulentas. Grandes embarcaciones transportan los productos de la región hacia mercados áridos de ella.
- Se benefició el turismo y deportes náuticos con la aparición de playas y áreas de descanso. El promedio anual de visitantes es de 500 mil.
- Es cada vez mayor el número de productores que está utilizando el agua del embalse para la agricultura y la ganadería.

(Fuente: Video ITAIPÚ LA PIEDRA QUE CANTA)

## YACYRETÁ

Como se mencionó en el preámbulo de esta sección, Yacyretá es una presa hidroeléctrica ubicada en el río Paraná al igual que Itaipú, y también es un proyecto binacional entre los países de Paraguay y Argentina.

El equipo de la central tiene una potencia instalada total de 3200 MW, existiendo un proyecto de ampliación que permitiría incrementar esta capacidad casi al doble, y la energía producida abastece el 15% del total de la demanda de electricidad argentina.

A través de cada turbina pueden pasar 2630 millones de litros de agua por hora, o sea que por las 20 turbinas de Yacyretá puede pasar cada hora el equivalente al consumo de agua potable de 13 días de la ciudad de Asunción (capital del Paraguay) o de 2 días de la ciudad de Buenos Aires. La energía que se puede producir anualmente es de 19.000 Gwh, equivalente al 65% de la generación eléctrica conjunta de Paraguay y la Argentina.

Además del dique de la represa, que tiene 808 m de largo, el embalse consta de una presa de materiales sueltos de casi 65 km, que cierra los dos brazos del río divididos por la isla Yacyretá; la central hidroeléctrica propiamente dicha se asienta parcialmente sobre ésta. Los extremos se apoyan en la costa argentina, en la localidad de Rincón Santa María, y en la paraguaya, junto a la de Santos Cosme y Damián. El lago artificial producido por el cierre del cauce del río se alzaría a 21 m por encima de su nivel previo, y cubriría 1600 km<sup>2</sup>.

En cada brazo hay un vertedero; las turbinas están fijadas en el brazo principal, en un vertedero de 18 compuertas que permiten un flujo máximo de 55.000 m<sup>3</sup>/s. El otro brazo del río cuenta con 16 compuertas más, con capacidad para otros 40.000 m<sup>3</sup>/s.

El Plan de Terminación del Empeñamiento Binacional Yacyretá consistió en:

- Liberar las áreas a ser inundadas, considerando la expropiación de los inmuebles, la seguridad de las zonas liberadas, la relocalización de la población y actividad económico-productiva, la rehabilitación socioeconómica de la

población reasentada y la solución del pasivo social de otras instancias del llenado.

- Realizar obras y acciones necesarias para mitigar los efectos sobre el medioambiente.
- Reponer obras de infraestructura, como rutas, puentes, puertos, aeropuertos, líneas de transmisión eléctrica, entre otras.
- Recomponer la trama urbana de Encarnación, Posadas, y otras ciudades afectadas.
- Construir un sistema de elevación que permite a los especímenes que nadan río arriba salvar los 25 metros de diferencia para desovar en el Alto Paraná.  
Este diseño se realizó después de que estudios ecológicos demostraran que la presencia del dique inhibiría la reproducción de las especies migratorias del Paraná, en especial el dorado y el surubí.
- Navegación:  
Para facilitar la navegación se construyó una esclusa en la localidad de Santa María en la margen argentina. Esta tiene una longitud total de 270 metros (útiles 236 m), un ancho de 27 m y una profundidad mínima de 5 metros, lo que permitirá el paso aguas arriba de embarcaciones de hasta 3,677777 m (12 pies).
- Turismo:  
La zona cuenta con abundante fauna ictícola y existen áreas destinadas para la pesca. Con el ánimo de mantener y proteger a los peces nativos la pesca se encuentra regulada, requiriéndose un carnet de pesca que puede obtenerse en las Oficinas de Pesca regionales.  
El Museo Regional Yacyretá se encuentra en la ciudad de Ayolas. En él se encuentran expuestas piezas arqueológicas, minerales y ejemplares de la fauna nativa.  
El Refugio Faunístico de Atinguy está ubicado a 18 km de Ayolas; su territorio abarca 100 hectáreas, donde pueden observarse variadas especies de fauna y flora de la región. El refugio provee condiciones óptimas para que los animales vivan naturalmente.

Aunque la represa hidroeléctrica es relativamente poco contaminante, la Entidad Binacional ha destinado áreas para la conservación y recuperación de la flora y fauna local, de modo a

paliar las consecuencias ambientales que acarreen la obra. Con la inundación, localizaron y reubicaron a 11.000 animales de 110 diferentes especies. Actualmente, la entidad tiene protegida un área que abarca 58.000 hectáreas, mas proyecta aumentar este terreno a 187.000 hectáreas a medida que avance el proyecto. La Reserva Natural está ubicada en un extremo de la isla. Está abierto un Centro de visitantes y un sendero llamado "Acuti po'i" de 2500 m en el que se puede realizar caminatas guiadas.

### **IMPACTO REAL DE ITAIPÚ Y YACYRETÁ**

Es de conocimiento público que el río Paraná registra una de las mayores bajantes de las últimas décadas. La altura hidrométrica promedio en Corrientes ha sido de 4.05 m en 2007 y 3.38 m en 2008, mientras que en enero/febrero de este año promedia 2.54 m".

En agosto de 2003 se hizo pública la noticia de la gran cantidad de peces que murieron en el Paraná debido a la bajante que se presentó en esa época. Al parecer las muertes se produjeron por falta de oxígeno en el agua, lo cual asfixió a las especies. Los peces eran sábalos, mojarra, surubíes, dorados y patíes entre otras especies de gran valor económico, alimentario y social.

Por otro lado en períodos de escasez de agua las represas retienen buena parte del caudal del río con el objeto de asegurar su generación, en desmedro de las poblaciones ribereñas que viven aguas abajo y cuya economía, alimentación y subsistencia dependen en gran medida del buen estado de las pesquerías del Paraná.

### **Migraciones cortadas**

Según los especialistas, las represas no sólo impiden las migraciones de los peces aguas arriba, sino que al retener el agua cuando los peces realizan migraciones transversales en la planicie inundable, impiden que se completen los ciclos de desarrollo y reproductivos. Por otra parte, los embalses alteran irreversiblemente el hábitat acuático: según expertos del CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina),

**Yacyretá e Itaipú** en conjunto destruyeron el 44% del área reproductiva de las especies de surubí. “Ambas, han provocado ya un colosal impacto en las pesquerías y los humedales fluviales, haciendo sentir su efecto negativo centenares de kilómetros aguas abajo. Impacto que se refleja particularmente en la merma poblacional y de tallas de los grandes peces migradores, precisamente los de mayor valor económico, alimentario, deportivo y turístico” (Aparte de documento publicado por la Fundación Proteger).

No sólo la pesquería está afectada, hay otros impactos económicos y sociales altamente negativos de estas represas para mencionar. La marcada falta de caudales en el Paraná obliga en algunas ocasiones a suspender la navegación en algunos sectores y a disminuir la carga de las embarcaciones. El acceso a los puertos y sobre todo a pequeños muelles utilizados por poblaciones a lo largo de la costa del río se ve dificultado o impedido, por lo que muchos turistas deben cancelar viajes ligados a navegaciones por el Paraná. También se clausuran balnearios y, como en Rosario, hubo que tomar medidas y gastar en equipamiento para asegurar la captación y el bombeo de agua hacia las plantas de potabilización.

Más allá de las cuestiones climáticas, las centrales hidroeléctricas de *Itaipú* y *Yaciretá* provocarán la desaparición del Paraná como vía navegable.

A todo esto se suma la alteración del microclima, pérdida de biodiversidad, proliferación de mosquitos y parásitos, destrucción de la pesca, aumento de la pobreza y desocupación, enfermedades y conflictos sociales; estas son algunas consecuencias de las represas en la región.

**Itaipú**, inundó para siempre las cataratas más caudalosas del mundo, los Saltos del Guayrá. Hace poco, biólogos de Itaipú vinieron a buscar crías de surubí, una de las especies que allí se han extinguido. El control de inundaciones es otra promesa no cumplida: cuando las represas se llenan durante una gran crecida, dejan pasar el agua. Después que se llenó Itaipú en 1982, el Paraná registró dos crecientes devastadoras, en 1983 y 1992. Entonces Itaipú no mejoró el turismo. A quién le interesa un monótono lago artificial donde casi no hay pesca? De la ciudad de Guayrá

emigraron más de 30.000 personas: con las cataratas tapadas por el agua de Itaipú, poco quedaba por hacer.

Ecológicamente, la construcción del embalse **Yacyretá** afectó principalmente los siguientes aspectos del entorno regional:

- La elevación de la altura del agua, por supuesto, creó un gran aumento de las superficies cubiertas, tanto en el embalse, como en los arroyos que desembocan en él, lo cual expulsó de sus hábitat a todos los seres vivientes de la zona inundada, activando también la migración de vectores silvestres, como roedores y marsupiales, a áreas pobladas, permitiendo la instalación en ellas de enfermedades de ocurrencia hasta poco tiempo exclusiva en zonas rurales como Leptopirosis.
- La alteración de las corrientes ha afectado la dinámica de la vegetación flotante, la cual constituye el hábitat de numerosas especies endémicas.
- Como resultado de la tala de la vegetación, en las costas de inundación y en las islas, se podrá activar la migración del murciélago portador del virus rábico.
- Las altas temperaturas promedio registradas en la región sumadas a la falta de obras que tiendan al saneamiento básico, la ausencia de redes cloacales y plantas de tratamiento, la falta de control en la eliminación de los desechos industriales serán hechos que sin dudas, contribuirán a aumentar el riesgo de propagación de enfermedades.
- La mansedumbre de las aguas ha permitido la proliferación de especies transmisoras de la esquistosomiasis, el dengue y el paludismo.
- La estructura y composición de las actividades productivas del sector primario, que además del anegamiento directo incluyen la modificación de la humedad de decenas de miles de

hectáreas destinadas a la agricultura y la explotación maderera.

- Miles de cabezas de ganado se perdieron además en el proceso de llenado del lago.
- La diversidad y estabilidad de los hábitats terrestres: Se podría dar lugar a pérdidas incalculables de biodiversidad. Numerosas especies protegidas resultaron afectadas en uno de los pocos espacios en que sobreviven en Argentina y Paraguay; entre ellas se cuentan:
  - El ciervo de los pantanos (*Blastoceros dichotomous*), concentrado especialmente en las zonas embalsadas y al que la migración hacia tierras altas expondría en mayor grado a la caza furtiva, la competencia con el ganado bovino por el alimento, y el contagio de enfermedades de las que éste es portador.
  - El venado de las pampas (*Ozotocerus bezoarticus*), fue desplazado por el ascenso de la napa de su ya reducido hábitat.
  - El carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*), cuyas áreas de reposo y alimentación se vieron anegadas.
  - Numerosas especies de rálidos, garzas, cigüeñas y anátidos; algunas consideradas vulnerables, como el yetapá de collar (*Alectrurus risora*) y el tordo amarillo (*Xanthopsar flavus*), ven también reducido su hábitat y dificultada la comunicación entre las poblaciones paraguayas y argentinas, con la consiguiente disminución de variedad genética.
  - El yacaré overo (*Caiman latirostris*) y el negro (*C. yacare*), fueron también desplazados de su zona de nidificación.
- Las consecuencias sobre la población ictícola del Paraná fueron también gravísimas, ocasionando una sensible

disminución del volumen de algunas especies; la construcción del sistema de elevadores mitigó sólo en parte estos efectos. Como se adelantó, la construcción de los ascensores elevadores de peces, para permitir el paso de un lado a otro del inmenso paredón, sirvió hasta ahora más para aliviar de culpa a quienes proyectaron la obra, que para colaborar con la biodiversidad. La lentitud con la que ascienden estos aparatos, más las heridas que sus articulaciones y partes de su estructura metálica producen en los peces, agregado al lento y traumático pasaje por debajo del hormigón, que los atonta y prepara el final de muchos de ellos en las fauces de otros peces más grandes y ya adaptados a esa “pesca”, hace pensar en la pobre cantidad de individuos y especies que logran salvarse en cada traspaso.

Otro problema grave, como es el corte del río Paraná, fue tratado de salvar con la construcción de la esclusa de navegación. Pero el corte artificial que representa para el río Paraná la megaobra, significa la pérdida de la grandiosidad de la gran vía, alterada para siempre desde la construcción de **Itaipú** (Brasil) y ahora **Yaciretá**, y con la amenaza de agravar la situación si se construye **Corpus Christi** y **Paraná Medio**.

## 7.2 ASUÁN

Asuán es una ciudad ubicada en la margen derecha del Nilo, junto a la primera catarata. Se han construido en esta zona dos presas: la nueva Presa Alta de Asuán y la menor y más antigua, Presa de Asuán o Presa Baja de Asuán.

El Nilo se desbordaba anualmente, cuando las aguas procedentes de Uganda y Sudán fluían hacia el bajo Nilo en verano. Estas crecidas fueron las que convirtieron las tierras próximas al río en un suelo fértil, ideal para la agricultura, ya que dejaba un sedimento de nutrientes y minerales en el suelo: el limo. Sin embargo, la variación del nivel por las crecidas conllevaba la pérdida de cosechas enteras por inundación o sequía y como consecuencia hambruna en la población, por lo que se consideró necesaria la construcción de una

presa que regulara el nivel de las inundaciones para proteger las tierras de y los campos de algodón.

### **Presa Alta**

Para iniciar la construcción de esta presa en 1952, los Estados Unidos ayudarían a financiar la construcción con un préstamo de 270 millones de dólares pero la oferta de ayuda fue retirada a mediados de 1956 y el gobierno egipcio se propuso continuar el proyecto utilizando los ingresos que proporcionaba el Canal de Suez como ayuda en la construcción. Sin embargo, en 1958 la Unión Soviética (en plena Guerra fría por el dominio de África) pagó un tercio del costo de la inmensa presa de piedra y arcilla como regalo. Aparte de esta ayuda monetaria, proporcionaron técnicos y maquinaria pesada y el diseño corrió a cargo del instituto ruso *Zuk Hydroproject*.

La construcción comenzó en 1960. La Presa Alta (*Sadd al-Alí*), fue concluida en su totalidad el 21 de julio de 1970; pero ésta se había comenzado a llenar cuando aún estaba en construcción, y alcanzó su capacidad total en 1976.

Este embalse causó inquietud entre los arqueólogos debido a que el complejo de Abu Simbel, que es un complejo de dos templos excavados en roca considerados patrimonio de la humanidad y además hacen parte del museo al aire libre de Nubia y Asuán, así como otras decenas de templos, quedaría sumergido bajo las aguas. *En 1960 una operación de rescate patrocinada por la Unesco localizó, excavó y trasladó veinticuatro de estos monumentos a ubicaciones más seguras y otros fueron donados a los países que colaboraron en el rescate, como el templo de Debod, que actualmente está en Madrid-España. (Tomado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Templo\\_de\\_Debod](http://es.wikipedia.org/wiki/Templo_de_Debod)).*

## Beneficios de la Presa Alta



Fotografía 1

La Presa Alta tiene 3600 m de largo y 980 m de ancho en la base, por 40 m de ancho en la cúspide y 111 m de alto, con un volumen de material de 43 millones de m<sup>3</sup>. En condiciones de máxima capacidad puede dar salida a 11000 m<sup>3</sup> de agua por segundo. Posee rebosaderos de emergencia adicionales para un volumen de 5000 m<sup>3</sup> y el canal de Toshka que se creó para irrigar 500000 ha de superficies cultivables de Egipto; tiene 320 km de longitud y va desde el lago Nasser hasta el lago del valle de Toshka y sigue por el desierto del Sahara uniendo varios oasis. Este canal desvía el 10% del caudal del Nilo.

El vaso de este embalse, denominado *Lago Nasser* para los egipcios o *Lago de Nubia* para los sudaneses, tiene 480 km de largo y 16 km en su parte más ancha; su área en la superficie es de 6.000 km<sup>2</sup> y contiene entre 150 y 165 km<sup>3</sup> de agua. Inundó gran parte de la parte baja de Nubia y fueron trasladadas más de 90.000 personas.



Fotografía 2

Los efectos de las peligrosas inundaciones que se presentaron en 1964 y 1973 y las terribles sequías como las de 1972-73 y 1983-84 quedaron mitigados. Se creó una nueva industria pesquera alrededor del lago Nasser que continúa esforzándose por prosperar porque se encuentra a una distancia muy grande de cualquier mercado significativo.

Con una producción hidroeléctrica de 2,1 Gigavatios, la presa alberga 12 generadores de 175 megavatios cada uno. El suministro eléctrico comenzó en 1967 generando aproximadamente la mitad de la electricidad necesaria para el consumo de todo Egipto (alrededor del 15% en 1998) y permitiendo, por primera vez, la conexión eléctrica en la mayoría de los pueblos egipcios.

### **Impacto Ambiental**

La realización de la gran represa de *Asuán* tuvo graves consecuencias en el ecosistema, éstas han sido numerosas:

- Sedimentación excesiva aguas arriba
- Erosión aguas abajo
- Desaparición de especies animales que efectuaban migraciones a lo largo del río
- Destrucción y salinización del delta del Nilo (la reducción del caudal del río ha causado que las aguas saladas del Mar Mediterráneo penetren en el terreno a lo largo de la costa cercana a la desembocadura)
- Disminución de la productividad en las pesquerías
- Emigración de animales marinos al suprimirse la barrera de la salinidad
- Subida del nivel freático de las aguas en los prados cercanos
- Contaminación del río provocada por los fertilizantes, herbicidas y pesticidas.

Otra de las consecuencias negativas para la población ha sido el aumento de riesgo sanitario puesto que los canales de riego agrícola y las márgenes del lago Nasser son el hábitat perfecto para animales que transmiten enfermedades, tales como el mosquito de la malaria (*Anopheles*) y los caracoles que propagan el parásito de

la bilharziasis (*Schistosoma*) el cual es altamente incapacitante por las altas fiebres que produce.

*“Las autoridades egipcias observan con preocupación como cada año disponen de menos recursos hídricos. La cuota anual de agua de la que cada ciudadano dispone ha caído drásticamente en los últimos años. Se calcula que cada ciudadano debe tener, al menos, 1.000 metros cúbicos al año para cubrir sus necesidades. En el año 1950 cada egipcio disponía de 2.700 metros cúbicos anuales. En la actualidad, la media es de sólo 675.*

*Estamos ante un nuevo tipo de pobreza, los pobres de agua. En Egipto viven casi 82 millones de personas, y la población crece a buen ritmo. Hoy en día, muchos ciudadanos siguen malgastándola sin ser penalizados aunque son sobre todo las pobres infraestructuras del país y el mal estado de conservación de muchos edificios los que provocan que se desperdicien millones de litros cada año”.*

(Fuente:[www.elmundo.es/elmundo/2009/05/14/internacional/1242312532.html](http://www.elmundo.es/elmundo/2009/05/14/internacional/1242312532.html)).

Por otro lado hay una intensa contaminación en las ciudades egipcias y esto no ayuda a ahorrar el agua. Para convertirla en potable hay que purificarla y limpiarla de la polución química, orgánica y bacteriológica y cuanto más contaminación hay, más agua es necesaria para hacerla potable. Se calcula que en este proceso se pierde un 30% de líquido. Los filtros se ensucian muy rápido y hay que lavarlos tres veces al día, para lo que es necesario grandes cantidades de agua. Otro 10% se pierde por el mal estado de las instalaciones de las depuradoras, en eso se usa un 20%.

A este derroche hay que añadir los litros que se desperdician en instituciones gubernamentales, colegios y universidades; los que según investigaciones cuentan con deficientes instalaciones en los baños y por eso se producen filtraciones en los baños.

A pesar de los intentos por controlar que los habitantes usen las aguas del río, la población egipcia sigue siendo tan dependiente del Nilo como lo era hace siglos, y sus aguas continúan provocando tensiones entre los 10 países -**Burundi, la República Democrática del Congo, Egipto, Eritrea, Etiopia, Kenya, Ruanda, Sudán, Tanzania y Uganda-**

que son bañados por éste. Muchos analistas sostienen que el agua, y no el petróleo, será la principal fuente de conflictos en los próximos años. De hecho la posibilidad de que Israel bombardease Asuán, forzó a Egipto a firmar la paz con su ancestral enemigo.

Un aspecto importante para resaltar de la presa Asuán, es que está ubicada en una de las regiones con mas índice de evaporación en el mundo, lo cual ha hecho que en el gigantesco embalse anualmente se evaporen 15 kilómetros cúbicos de agua, el 20% del caudal del río más largo del mundo.

La construcción de la Presa de Asuán fue una obra faraónica de la que los egipcios están muy orgullosos pero el impacto sobre el ambiente ha sido devastador.

La presa evitó que las aguas siguieran fertilizando los campos egipcios ya que desaparecieron los ricos depósitos de limo que dejaban las inundaciones. Los agricultores tuvieron que empezar a utilizar fertilizantes químicos, herbicidas y pesticidas que contaminan el río.

Cada día hay menos agua, y la cantidad existente de agua está contaminada. Es muy irónica la situación actual con respecto a la anterior, ya que antes tenían exceso de agua debido a las crecientes y se dañaban las cosechas, hoy tienen las cosechas pero ahora no tienen agua; antes el agua era pura y consumible, hoy el agua está contaminada y para poder consumirla hay que someterla a muchos procesos en el cual se pierde mucha más agua de la necesaria.

Definitivamente la construcción de la presa era necesaria porque de nada sirve tener el recurso y que éste no pueda ser aprovechado de manera positiva y además sea el causante de la exterminación de las comunidades; sin embargo la mayor causa de los problemas en las presas radica en los malos manejos y a la falta de interés en el factor ambiental. Es por esto que los estudios de impacto ambiental y las medidas para mitigarlos no surgen los efectos esperados, tal vez porque en muchos países la ejecución de proyectos se realiza más bien con fines políticos y a la parte ambiental no se le hace la inversión necesaria siendo que los daños ambientales son los más costosos, pero en el mundo priman los intereses individuales que el bien común.

### 7.3 LA PRESA DE LAS TRES GARGANTAS



Fotografía 3

Está situada en el curso del río Yangtsé en China y es la planta hidroeléctrica y de control de inundaciones más grande del mundo.

La presa se levanta a orillas de la ciudad de Yichang, en la provincia de Hubei, en el centro de China. Su dique de hormigón, de 185 metros de altura y 2.309 m de longitud, le permitirá almacenar agua hasta una capacidad de 39.000 hectómetros cúbicos (hm<sup>3</sup>).

La mayor central hidroeléctrica del mundo contará con 26 generadores eléctricos de 700 MW cada uno, alcanzando en conjunto una potencia total de 18.200 megavatios(MW) ó 18.200.000 kilovatios(kW), capaces de generar una energía eléctrica anual de más de 84.000 millones de kilovatios-hora(kWh), equivalentes a  $3,024 \times 10^{17}$  julios(J). La finalización de su dique de hormigón fue anunciada el 19 de mayo de 2006, 13 años después del inicio de la obras.

Cuando esté terminada, en 2009, la descomunal presa de las Tres Gargantas en el río Yangtzé, será la planta de generación eléctrica más grande del mundo. Tanto, que es visible desde el espacio. La NASA ha ido captando diferentes momentos de su construcción, y en las imágenes se puede apreciar los cambios que ha ido sufriendo el cauce del río al paso de los ingenieros.

La presa tiene como finalidad, además, mejorar las condiciones en el curso medio e inferior de río, permitiendo controlar las inundaciones y mejorar la navegación fluvial.

La represa hidroeléctrica Las Tres Gargantas es multipropósito, su función principal es abastecer de energía limpia, baratísima y no contaminante, pero también funciona como medio para evitar inundaciones, está preparada para contener las inundaciones que puedan ser provocadas por las peores tormentas que suelen ocurrir una vez cada mil años. Es una de las mejores obras de ingeniería China.

Desde tiempos inmemoriales, el río sufría inundaciones masivas de sus orillas cada diez años, y sólo en el siglo XX, según las autoridades chinas, murieron unas 300.000 personas en China por culpa de este fenómeno. La presa está diseñada para evitar estos sucesos y mejorar el control del cauce del río, así como para proteger a los más de 15 millones de personas que viven en sus márgenes.

Además, esta gigantesca obra de ingeniería fue diseñada para soportar terremotos de más de 7 grados en la escala de Richter, demostrando que se construyó para que durara varios siglos sin afectar a las personas que viven en sus alrededores. Durante el terremoto ocurrido en mayo del 2008 a 300 km de la represa, ésta no sufrió ningún daño, todo lo contrario, sirvió para brindar electricidad y ayudar en mitigar los daños del terremoto.

### **Impactos**

La construcción de esta infraestructura tiene un impacto ambiental y social de características descomunales. En los terrenos anegados se ubican parajes de gran valor ecológico, restos arqueológicos históricos y prehistóricos, así como 15 ciudades y cientos de pequeñas aldeas con una población de alrededor de 1.800.000 personas que están siendo o ya han sido realojadas, principalmente en nuevos barrios construidos en la ciudad de Chongqing. Este tipo de repercusiones son las que mayor controversia han generado alrededor del proyecto, así como otras relacionadas con la irregularidad en el manejo de fondos.

Entre los bienes culturales amenazados por el embalse se encuentran más de 60 yacimientos con reliquias de la Era Paleolítica y fósiles paleontológicos, más de 80 yacimientos de la era Neolítica, unos 100 enterramientos ancestrales y más 450 tumbas significativas. Se encuentran también alrededor de 300 estructuras de construcciones de las Dinastías imperiales Ming y Qing (1368-1911).

Entre las reliquias amenazadas se encuentran cuatro catalogadas como “Tesoros de Estado”. Estas cuatro maravillas son: el pueblo de Dachang (casi todas sus viviendas tienen entre 300 y 400 años), el templo Zhang Fei (1800 años de antigüedad), la aldea de Shibao (una de las estructuras de madera más complejas del mundo) y las inscripciones hidrométricas de Baiheliang.

El gobierno chino ha optado por diferentes opciones con respecto a estos tesoros históricos. El templo Zhang Fei será trasladado completamente incluyendo la vegetación colindante a una nueva ubicación a salvo de las aguas. La aldea de Shibao será rodeada por un dique dotado de un embarcadero, quedando como una isla

visitable dentro del embalse. En el caso de Baiheliang y Dachang las autoridades han optado por construir réplicas en lugares cercanos, con lo que las construcciones originales no se salvarán de la inundación.

Con respecto a los problemas medioambientales nos encontramos con la acumulación de lodos, ya que los corrimientos de tierras son muy comunes en la región debido a las lluvias. Estos lodos irían en la actualidad al embalse, que al retener el flujo natural del río impediría que este se autolimpie de estos sedimentos, empeorando drásticamente la calidad del agua. Los técnicos chinos han estado trabajando en un sistema para evitar este problema y al parecer han desarrollado un método para reducir su impacto en parte, que ha sido probado con efectividad en otras grandes presas del país. La presa acarrea por tanto una disminución de la calidad del agua además de la desaparición de gran parte del paisaje y masa vegetal de la zona.

Pero sin duda la peor parte se la lleva la fauna autóctona entre la que se encuentra el delfín chino, una especie de delfín fluvial del que se estima que quedan menos de 100 ejemplares en la actualidad, y el esturión chino, un auténtico **fósil** viviente ya que lleva existiendo cerca de 200 millones de años. Otras muchas especies se verían gravemente afectadas por el tremendo cambio en los ecosistemas que acarrea el proyecto.

A pesar de todos los problemas y controversias la obra se ha llevado a cabo y se encuentra ya cercana a su finalización. En menos de 3 años estará finalizada esta enorme obra de ingeniería bautizada por algunos como la “segunda muralla china”.

Esta monumental obra deja bajo el nivel de las aguas a 19 ciudades y 326 pueblos, afectando a más de 1.900.000 personas y sumergiendo unos 630 km<sup>2</sup> de superficie de territorio chino.

Si se analizan los hechos planteados sería muy fácil para cualquier persona suponer que la construcción de esta presa es muy beneficiosa. Que como todo cambio tiene su efecto negativo pero estos no son muy notorios y tal vez las medidas para mitigarlos no solucionen totalmente los problemas, pero al menos éstos no se dejan desatendidos como en otros casos.

Sin embargo este proyecto por ser de los mayores del mundo no va dejar de presentar impactos desastrosos como en otros casos, y además es considerado como uno de los proyectos más corruptos del mundo. Así, esta condición de corrupción está haciendo que muchos de los dineros que se deben emplear en el proyecto, sean registrados como gastos pero realmente no son invertidos, como es el caso de las personas desalojadas y reubicadas en nuevas viviendas. Estas personas (más de un millón) fueron desalojadas sin oportunidad de opinar y sin saber a dónde irían. Acordaron unas indemnizaciones, pero una gran parte de éstas desaparecieron en manos de funcionarios y por eso hoy se han levantado las voces de las personas de la comunidad protestando porque el dinero entregado no les alcanza para vivir.

Se dice que 1,2 millones de personas sufrieron por el desplazamiento, pero grupos humanitarios calcularon que dos millones de personas afrontan pérdidas de bienes y de fuentes de trabajo.

Además la corrupción también se ve en algunas denuncias que se han hecho manifestando la construcción defectuosa, y los cientos de fisuras que existen, algunas con más de 10 metros de longitud. Por lo tanto se puede suponer que no se están cumpliendo con las especificaciones técnicas solo para atesorar dinero.

Por estas causas se sospecha que el embalse no será capaz de contener agua, entonces, ¿qué pasará al cabo de un tiempo cuando se haya embalsado una gran cantidad de agua y la estructura falle?

Sería desastroso! Los daños materiales y las pérdidas de vida por la avalancha serían incalculables. ¿Será que los encargados del proyecto pueden advertir el inminente daño al que están sometiendo a una comunidad entera? o ¿a ellos realmente eso no les importa?

## 8 ESTADÍSTICAS MUNDIALES

Miles de valles y de hábitats han sido destruidos por los grandes embalses, desplazando a millones de personas. Cuanto mayor es el embalse, más grande es el desastre.

Desde finales del siglo XIX, la energía hidráulica se ha venido empleando para la producción de electricidad. Entre 1950 y 1986 se construyeron 31.059 presas de más de 15 metros de altura, la mayoría en China (18.587). Los 36.327 grandes embalses almacenan 5.500 kilómetros cúbicos de agua. En 1989 estaban en construcción 45 presas de más de 150 metros de alto, de ellas 20 en Latinoamérica y 15 en Asia. La producción hidroeléctrica hoy supera anualmente los 2.000 Twh, cifra que representa el 20 por ciento de la producción mundial de electricidad.

La construcción de grandes embalses ha desplazado en la India a más de 16 millones de personas, en China a tres millones y Sri Lanka a un millón. La resistencia de la población ha paralizado numerosos proyectos, pero la mayoría han sido realizados, utilizando todo tipo de medios. **El embalse de Sardar Sarovar**, en el río Narmada, en la India, es último episodio de la resistencia de una población dispuesta incluso a morir por su tierra, como los habitantes de Manibeli y Vagdam, dos de las aldeas que serán inundadas.

En 1966 fue inaugurada la **Hidroeléctrica de Akosombo**, en el río Volta, en Ghana, financiada por el Banco Mundial. El embalse iba a permitir irrigar grandes superficies y sobre todo serviría para industrializar el país, proporcionando la electricidad necesaria para explotar las reservas de bauxita y crear una amplia industria transformadora.

Pero la realidad fue otra: Akosombo inundó 8.482 kilómetros cuadrados de bosque tropical, casi el 5 por ciento del país, desplazó de sus tierras a 80.000 personas, difundió enfermedades como la esquistosomiasis y la electricidad generada en los 882 megavatios instalados (1.000 hectáreas por megavatio) fue destinada a la multinacional norteamericana Kaiser para la producción de aluminio, que ni siquiera explotó la bauxita, sino que la importó de Jamaica. Kaiser tiene un contrato por 30 años para comprar la electricidad de

Akosombo a bajo precio; hoy sólo paga el 5% de la media de la tarifa mundial.

Ghana tiene en proyecto una nueva hidroeléctrica, la de **Bui**, igualmente para proporcionar electricidad a bajo precio a las industrias de aluminio, la típica industria intensiva en energía y contaminante, que apenas crea empleo y valor añadido.

Casos parecidos a los de Akosombo son **Guri** en Venezuela, **Tucuruí** en Brasil, **Krasnoyarsk**, **Sayano-Shushensk**, **Ust-Ilim** y **Bratsk** en Siberia o **James Bay** en Canadá; quiénes también abastecen de electricidad las productoras de aluminio en varios países.

**El embalse de Sanmenxia**, en el río Amarillo ubicado en China, desplazó de sus tierras a 300.000 personas, con el fin, al menos en el proyecto inicial, de producir electricidad, evitar inundaciones catastróficas y crear nuevos regadíos.

La realidad en Sanmenxia fue muy distinta. En apenas cinco años los sedimentos colmataron el embalse, y sólo tras costosas obras pudo ser de nuevo puesto en marcha, aunque con una capacidad que no llega a un tercio de la inicial.

En la Amazonia brasileña, cinco grandes presas retienen el natural curso del agua hacia el mar, anegando ya 5.335 kilómetros cuadrados de selva, para abastecer de electricidad a bajo precio a las empresas de aluminio y a otras industrias intensivas en energía.

El propósito de Brasil es construir 78 grandes embalses en la Amazonia antes del año 2020, inundando 100.000 kilómetros cuadrados de selva, con una potencia equivalente a 86 centrales nucleares (85.900 megavatios), desplazando a varias tribus indígenas y a decenas de miles de personas, causando un daño irreversible al frágil ecosistema amazónico y aumentando la deuda externa del Brasil.

En 1964 se inauguró la **Presa de Brokopondo** en el vecino Surinam, creándose un lago artificial de 915 kilómetros cuadrados, el primero de los construidos sobre bosques tropicales. Al poco de inaugurarse, la vegetación sumergida empezó a descomponerse, produciendo gas sulfhídrico; el mal olor era tal, que los empleados de la presa tuvieron que usar máscaras durante dos años. El agua se volvió

ácida y anóxica (insuficiencia de oxígeno), causando la muerte de los peces, principal alimento de la población local, y provocando la corrosión de las turbinas, aunque lo peor fue la proliferación de enfermedades como la malaria y la leishmaniosis.

(Fuente:[http://www.holistika.net/vida\\_sostenible/sostenibilidad/grandes\\_presas\\_grandes\\_problemas.asp](http://www.holistika.net/vida_sostenible/sostenibilidad/grandes_presas_grandes_problemas.asp))

Los grandes embalses no siempre son un buen negocio, más bien al contrario.

Como ya hemos visto, la construcción de grandes embalses sumerge tierras cultivables y desplaza a los habitantes de las zonas inundadas, cambia el territorio, disminuye la diversidad biológica, dificulta la emigración de los peces, la navegación fluvial y el transporte de elementos nutritivos aguas abajo, disminuye el caudal de los ríos, modifica la composición del agua embalsada y el microclima. Cada uno de los ejemplos vistos son una prueba de ello, y muchas veces en nuestra formación como ingenieros no caemos en cuenta, ni se nos orienta acerca de los posibles daños que puede hacer la ingeniería al medio ambiente.

Si los impactos sociales, ambientales y económicos son tan grandes, y casi no son compensados por los resultados, cabe preguntarse las razones de la construcción de los grandes embalses.

Si no empezamos a contribuir con nuestra ingeniería a que la mitigación de los impactos sea un asunto consciente y no reglamentario, los ingenieros junto con los políticos seremos recordados por los grandes embalses que inauguramos, y no por haber suplido la demanda de agua y de energía.

## 9. EMBALSES EN COLOMBIA

En Colombia existen un poco más de 30 embalses, algunos son multipropósito y otros son de un propósito.

A continuación presentamos algunos de ellos:

**Chisacá y La regadera:** Hacen parte de la cuenca alta del río Tunjuelo, en la parte sur de la ciudad de Bogotá. Ambas hacen parte del sistema de abastecimiento de acueducto del sector.

**Embalse de la laguna de Chingaza:** Sirve a Bogotá tanto en la provisión de agua como en la producción de energía eléctrica.

**Rio grande y Guadalupe:** Ubicadas en el departamento de Antioquia, se usan para la producción de energía eléctrica.

**Calima y Anchicayá:** Se encuentran en el departamento del Valle y su propósito es la generación de energía eléctrica.

**Embalse del Chivor:** Es la cuarta compañía de generación de electricidad en Colombia y representa el 7.5% de la capacidad instalada a nivel nacional. Se encuentra en el departamento de Boyacá.

**Represa del Prado:** Está ubicada en el Tolima y se usa para generar energía eléctrica. Actualmente es un excelente destino para el turismo y los deportes náuticos.

**Embalse El Hato:** Se encuentra en el departamento de Cundinamarca y tiene por objeto regular el río Hato, controlando crecientes y administrando caudales para proveer de agua al municipio de Ubaté y el Distrito de Riego y Drenaje de Fúquene-Cucunuba.

**Embalse Guajaro:** Ubicado en el departamento del Atlántico, es un embalse cuyo propósito es el desarrollo piscícola y agrícola. En este aspecto es considerado el segundo más importante del país por su extensión y productividad.

**Embalse del Guavio:** Se encuentra en el departamento de Cundinamarca y es un proyecto hidroeléctrico considerado el tercero más alto del mundo.

**Embalse de Las Playas:** Está localizado en el departamento de Antioquia y forma parte del aprovechamiento hidroeléctrico de los ríos Nare y Guatapé.

**Embalse Miraflores:** Se construyó para regular el río Teche en Antioquia, y posteriormente se usó para el aprovechamiento de energía.

**Embalse del Peñol:** Se aprovecha para generar energía en la central hidroeléctrica de Guatapé en Antioquia.

**Embalse Punchina:** La presa Punchiná está localizada sobre el río Guatapé, y hace parte de la central hidroeléctrica San Carlos en Antioquia. Esta central hidroeléctrica lleva más de 20 años en funcionamiento y continúa siendo la de mayor capacidad instalada en el país.

**Embalse Quebradona:** Se encuentra en el departamento de Antioquia y hace parte de la hidroeléctrica Rio Grande 1. Tiene capacidad de almacenamiento de 500000m<sup>3</sup>.

**Embalse Tominé:** se encuentra en el departamento de Cundinamarca y se usa para suministrar energía a la ciudad de Bogotá.

**Embalse de Urrá I:** Proyecto hidroeléctrico que aprovecha las aguas del alto río Sinú en el departamento de Córdoba.

**Embalse Cantarrana:** Embalse creado para el control de crecientes del río Tunjuelo y abastecimiento de acueductos en la parte sur de la ciudad de Bogotá.

**Embalse Salvajina:** Ubicado en el departamento del Valle del Cauca, se usa para la generación de energía eléctrica.

**Hidromiel:** Proyecto hidroeléctrico ubicado en el departamento de Caldas.

**Alto Chicamocha:** Distrito de riego creado para fomentar la producción hortofrutícola del departamento de Boyacá.

**Embalse de Betania:** Ubicado en el departamento del Huila, se aprovecha para la generación de energía eléctrica.

**Foto.4 EL GUAVIO**



**Foto.5 URRRA I**



**Foto. 6 SALVAJINA**



**Foto. 7 HIDRO MIEL**



**Foto. 8 CHIVOR**



**Foto. 9 CALIMA**



**Foto. 10 ALTO CHICAMOCHA**



**Foto. 11 EL PEÑOL**



**Foto. 12 BETANIA**



Como el objeto de estudio de esta tesis es el Impacto Ambiental de la construcción de un Embalse, a continuación se presentan dos ejemplos de Estudios de Impacto Ambiental hecho por dos proyectos que se encuentran en construcción dentro de nuestro país. Con esto queremos observar detalles acerca a los criterios tenidos en cuenta para hacer este tipo de valoraciones, además conocer impactos que no se han mencionado en los ejemplos descritos anteriormente; y sin desviar el espíritu de la Ingeniería Civil, percibir los impactos positivos que trae la construcción de un embalse.

Cabe resaltar, que los proyectos de nuestro país aquí mencionados, no se han terminado por lo tanto los efectos de ellos no son visibles. Aun así, resulta muy interesante analizar las posibilidades de que los impactos presentados puedan ser mitigados con las medidas propuestas.

Los proyectos de Embalse tomados en cuenta son: Proyecto Ranchería, ubicado en el departamento de La Guajira, y el Proyecto Eléctrico Hidrosogamoso, ubicado en el departamento de Santander.

## **9.1 PROYECTO RANCHERÍA**

Este es un embalse multipropósito que actualmente se encuentra en construcción y tiene dos componentes especiales: Presa El Cercado y Distrito de Riego Ranchería – San Juan.

Las obras están localizadas específicamente, en la jurisdicción de los municipios de San Juan del Cesar, Distracción, Fonseca y Barrancas, en el departamento de La Guajira.

Este proyecto tiene tres objetivos importantes:

–**Agropecuario:** La región del sur de La Guajira (Baja Guajira) cuenta con agua superficial la cual va a ser aprovechada económicamente mediante la implementación de un sistema de riego para abastecer de agua a las fincas de la región.

Éste cuenta con un área neta de riego de dieciocho mil ochocientos veinte hectáreas, distribuidas en dos distritos de riego: Ranchería con quince mil ochocientos veinte hectáreas y San Juan del Cesar con tres mil hectáreas. Por otra parte con este proyecto se está beneficiando a 1199 familias en forma directa y también se está

generando más de 4200 empleos permanentes, equivalentes a un millón cuarenta mil jornales al año.

–**Acueductos:** El embalse permitirá abastecer y mejorar nueve acueductos, cubriendo además de los municipios mencionados, a los municipios de: Albania, Hato Nuevo, Maicao, Uribia, Manaure y localidad de Chorreras.

La meta de este proyecto es poder beneficiar a un millón cien mil habitantes hasta el año 2055.

–**Generación de Energía:** Otros de los beneficios que generaría el Embalse del Cercado, será la generación de energía eléctrica que se incluye superficialmente en el Proyecto Ranchería, pero su construcción será competencia del Ministerio de Minas y Energía.

### **Especificaciones de la Represa:**

Los componentes técnicos de la Presa de Embalse el Cercado, estructura que servirá para almacenar las aguas del Río Ranchería y esta a su vez abastecerá de agua a los distritos de riego y a los acueductos de nueve municipios durante las 24 horas del día, se construirá en enroscado con cara de concreto con las siguientes características:

- Altura de la Presa 110 metros
- Volumen total del Embalse 198 millones de M<sup>3</sup>
- Volumen útil del Embalse 194 millones de M<sup>3</sup>
- Volumen del Embalse muerto 4 millones de M<sup>3</sup>
- Cota de la Cresta 440 msnm
- Nivel máximo de operación 435 msnm
- Nivel mínimo de operación 360 msnm
- Longitud de la Cresta 370 m
- Área inundada con nivel máximo normal 638 Ha
- Capacidad del Rebosadero 1.250 M<sup>3</sup>/s

## Conducciones

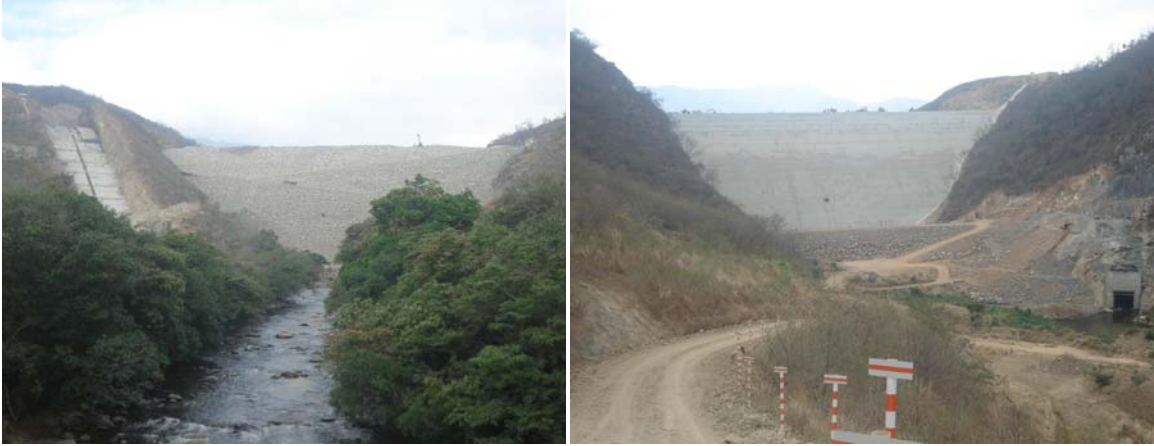
El agua que abastecerá a los dos Distritos de Riego y los nueve acueductos será transportada en tubería presurizada: un Distrito que va desde la presa El Cercado hasta los límites de área del proyecto para el Distrito San Juan. Está ubicado entre la carretera de Corral de Piedra y La Junta, alcanza una longitud de 18102 metros, en tubería de diámetro de 1300 milímetros y un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s, donde se regarán tres mil hectáreas y se suministrarán 200 litros por segundo para el acueducto de San Juan del Cesar; y el otro Distrito se inicia en la Presa Derivadora a 500 metros de la Presa el Cercado hasta los límites del área del proyecto, que para el Distrito de Ranchería se ubica en el sitio denominado El Silencio, cuya longitud es de 10875 metros, en tubería de diámetro de dos 2200 milímetros y un caudal de 10 m<sup>3</sup>/s, donde se regarán las 15820 hectáreas y además se suministraran los caudales necesarios para los acueductos.

(Fuente: *Visita Técnica de estudiantes UIS-Profesor Alvaro Prada/Junio de 2008*)

## Avance de la Obra:

La obra se encuentra en buen ritmo de trabajo, donde prevalece la ingeniería aportando la construcción de túneles, ataguías, conducciones principales, vías de accesos y la ciudadela-campamento bien dotada, para lograr su objetivo para finales de 2009 como se ha programado.





Fotografía 13

## MANEJO AMBIENTAL

**Además de** realizar captaciones para suplir las necesidades de los municipios de Hato Nuevo, Uribia, Manaure, Maicao y Albania, la realización del proyecto busca los siguientes objetivos:

- Reactivación de la economía del departamento.
- Diversificación de cultivos, utilizando los suelos de mayor capacidad productiva, en actividades agrícolas y pecuarias intensivas que generen mayores ingresos para los productores.
- Concentrar los cultivos de arroz, en los suelos con mayores limitantes, para que con un proceso de lavado se facilite su recuperación.
- Programas de capacitación técnica y de manejo de recursos.
- Incrementar la producción y productividad agrícola y pecuaria, mejorando las condiciones actuales de explotación con obras de adecuación de tierras.
- Mejorar los sistemas productivos, con prácticas adecuadas que permitan la recuperación de los suelos y conservar el equilibrio del ecosistema.
- Crear estrategias de mercados especializados y generar formación nacional e internacional.
- Crear cadenas productivas.
- Generar empleo directo e indirecto.
- Mejorar la calidad de vida de los productores.
- Generar divisas al país, a través de las exportaciones.
- Disminuir los conflictos sociales con nuevas fuentes de empleo.

El Río Ranchería es la única fuente para suplir las necesidades de agua de las diferentes actividades de la población en la región.

Sin desconocer los efectos negativos que puede tener la realización del proyecto, el cumplimiento de estos objetivos, tiene implícitos una serie de beneficios socio-económicos para la población del área de influencia.

En las tierras de los tres municipios mencionados existe una infraestructura que no posee los recursos suficientes para riego que consiste en canales y acequias construidas en tierra, a través de las cuales se capta buena parte del agua del río (80% aprox.) desde el sitio denominado El Silencio; pero estas captaciones tienen la grave desventaja de permitir pérdidas de agua por infiltración y evaporación. A estas pérdidas de agua se suma la cultura de uso por los pobladores que no está orientada a su conservación.

Para lograr los objetivos antes planteados, es necesario almacenar los únicos volúmenes de agua en la región, que son los que recoge el Río Ranchería especialmente durante las temporadas de lluvia, para luego distribuirlos de manera ordenada para los diferentes usos, a través de líneas de conducción principales y secundarias.

El principal problema ambiental de la región es la pérdida del recurso, por eso las líneas de conducción se diseñaron buscando minimizar éstas.

## **DESCRIPCION DE IMPACTOS**

### **Fase de Construcción. Elementos Físico, Biótico y Arqueológico**

Las actividades de la Fase de Construcción de la presa y construcción de las líneas de conducción afectarán los componentes ambientales en su mayoría de forma negativa y en niveles que van de irrelevantes a moderados. Esto significa que las diferentes afectaciones podrán ser minimizadas o mitigadas con la aplicación de medidas específicas que se propongan en el Plan de Manejo Ambiental, sin que se esperen mayores repercusiones.

Por algunas actividades específicas se podrá afectar de manera severa el agua en cuanto a su calidad y algunos factores bióticos tanto terrestres como acuáticos. La construcción del muro de presa presenta valores de impacto moderado a severo, el mayor impacto se presentaría por la alteración de la continuidad del bosque

marginal del Río Ranchería y la interrupción del mismo como consecuencia del establecimiento del proyecto.

La pérdida de cobertura vegetal y material de descapote en la zona de la cubeta, para el llenado de la presa, será la actividad que producirá el impacto de mayor importancia (calificado como severo) sobre la composición y diversidad de la fauna silvestre, la abundancia y la supervivencia de animales, la distribución espacial de las especies y la disponibilidad de hábitat terrestres.

Por su parte, las áreas arqueológicas identificadas en el área del proyecto corresponden por lo general a zonas de vivienda dispersas, con áreas de cementerios, depósitos de basuras y algunas huertas. Sin embargo, se conservan todavía algunas áreas sin explorar o alterar, muchas de ellas corresponden a tumbas o a zonas de basureros.

La alteración que puede ocasionar la construcción de las líneas principales de conducción es baja teniendo en cuenta que en los trazados no se identificaron áreas de gran dimensión arqueológica; generalmente se identificaron puntos de hallazgo ocasionales de materiales (fragmentos cerámicos) bastante erosionados con material disperso poco representativo, pero existe la posibilidad de afectar áreas que presentan material importante, que puede recuperarse mediante un programa de seguimiento a las obras.

### **Fase de Operación. Elementos Físico, Biótico y Arqueológico**

El impacto sobre las formas y estabilidad del terreno será entre moderado – severo y, se relaciona con el cierre del túnel de desvío, el llenado del embalse y la operación. En general, los impactos sobre el paisaje serán positivos, en tanto que sobre el suelo irán de críticos a irrelevantes. Se considera crítica la pérdida del suelo de la cubeta del embalse ya que será definitiva; será moderada la afectación por generación de focos de erosión asociados a la operación de la presa por regulación del caudal, el impacto sobre las propiedades físicas de los suelos en las tierras del Distrito de Riego, así como el cambio de las propiedades químicas de los

mismos con el manejo de los agroquímicos. Sobre el suelos también se espera impactos benéficos asociados al control de erosión con las actividades de mantenimiento ambiental y establecimiento de los cultivos en el distrito de riego, en donde según el plan agrícola, se busca manejar de distinta forma la salinidad de los suelos salinos y la salinidad de los suelos normales.

La mayor gravedad de los impactos (severos a críticos) se dará sobre el recurso hídrico en cuanto a la modificación definitiva del régimen de caudales y, a la disponibilidad de agua en el río, con el cierre del túnel de desvío, llenado del embalse y aplicación de riego en las tierras adecuadas. Las consecuencias que ocasione la regulación del caudal recaerán principalmente sobre el primer tramo del río desde el frente de la presa y presa derivadora hasta donde reciba aportes de afluentes de aguas más o menos permanentes, tramo en el cual el caudal será solamente el que se descargue por la operación de la presa, caudal ecológico o de sostenimiento ambiental.

Por su parte, la aplicación de riego en el Distrito Ranchería disminuirá de manera importante la disponibilidad de agua en el río. La entrega de agua al Distrito San Juan del Cesar y al acueducto municipal (trasvase de cuenca), puede incrementar en el largo plazo las demandas de agua, aumentando los déficits del recurso en la región y especialmente en la cuenca del Ranchería, con consecuencias sobre la economía local y sobre actividades de la población.

La operación del proyecto puede también afectar el recurso hídrico subsuperficial de la región, afectando la recarga de acuíferos, las propiedades físico-químicas del agua y el nivel freático. Es necesario hacer seguimiento a posibles cambios en estos factores, mediante el establecimiento de piezómetros.

La regulación del caudal podrá ocasionar reducción de poblaciones de fauna asociada a cuerpos de agua, principalmente anfibios y aves que forrajean en las orillas del río y se alimentan de organismos acuáticos. Algunas especies de mamíferos como el zorro

patón (*Procyon cancrivorus*) y la nutria (*Lontra longicauda*), también verán reducidas sus poblaciones aguas abajo de la presa. De igual manera se afectarán poblaciones de peces, en especial de tallas mayores como bocachico, pataló y dorada, que pueden no sobrevivir bajo condiciones de menor caudal que el actual.

Por otro lado, el embalsamiento y manejo del caudal de llenado producirá un efecto de carácter positivo (grado medio) para algunas especies de fauna asociada a cuerpos de agua, algunos ejemplos son las garzas (Ardeidae), águilas pescadoras (Pandionidae y Accipitridae) algunas ranas (Hylidae) y probablemente babillas (Crocodilydae) e icoteas (Emidydae), las que encontrarán un hábitat nuevo en donde establecerse.

En la fase de operación, se darán todos los impactos sobre el sistema ecológico Río Ranchería, ya que es cuando ésta funciona constituyendo la barrera permanente sobre el río, afectando la dinámica ecológica y la biota asociada.

El ecosistema nuevo (embalse) será benéfico, aunque en sus primeras etapas la calidad del agua puede deteriorarse significativamente, con consecuencias sobre el río, la biota y la población aguas abajo. El llenado del embalse llevaría a una pérdida total del registro arqueológico que pueden proporcionar las áreas Santa Helena y El Porvenir, las que todavía conservan abundante material prehispánico. La medida de manejo adecuada para recuperar la información existente es un rescate o excavación en área.

La adecuación de las tierras en el área del Distrito Ranchería podría ser la que mayor afectación ocasione sobre el elemento arqueológico, por la intensificación de los cultivos en sectores en que todavía no se ha intervenido el suelo de manera intensiva asociado a la gran extensión del distrito proyectado y a las características arqueológicas de la región. Toda posible alteración por estas actividades solo se mitigaría con un programa de información y educación sobre la conservación y registro del patrimonio arqueológico y con el contacto permanente con las comunidades involucradas.

## **Componente Social**

La importancia de los efectos sobre el componente social serían principalmente positivos y de importancia significativa.

Elementos como la estructura de empleo, uso y tenencia de la tierra, resolución de conflictos, organización y participación comunitaria (de usuarios del agua), entre otros, son propensos a recibir la más fuerte afectación por cuenta de la mayoría de las actividades del proyecto, pero que atendiendo al carácter social de muchas de sus facetas (mejoramiento de las condiciones de la infraestructura social y productiva regional, generador de empleo y de beneficios económicos para una parte de la población), su carácter es positivo.

Los efectos negativos de mayor importancia corresponden al desplazamiento de la población asentada en el área de embalse, a la afectación del uso y tenencia de la tierra en áreas correspondientes al vaso; y a los cambios en el uso y distribución del agua que plantea la construcción y puesta en operación del Sistema.

## **PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

Las medidas de manejo más relevantes, son aquellas orientadas a la restauración de áreas degradadas, como mecanismo para ofrecer nuevos hábitat a la fauna, así como programas de rescate de fauna y flora y de educación ambiental. Adicionalmente, se formulan medidas para prevenir las presiones sobre la fauna silvestre, tanto por parte de la comunidad del área de influencia puntual como de la misma población trabajadora.

En el componente de obras civiles, las medidas está orientadas a la conservación del material de descapote, el control de aporte de sedimentos al Río Ranchería, desmantelamiento y restauración de áreas al final de las obras, el correcto manejo de la explotación, transporte y uso de material de cantera y de la disposición final de material sobrante de excavaciones o escombros de contracción.

Se formulan medidas de manejo para la construcción y operación de campamentos, en aspectos como descapote y remoción de la cobertura vegetal, el manejo integral de residuos sólidos domésticos, al manejo, tratamiento y disposición final de residuos industriales y peligrosos, el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales (aguas aceitosas y aguas provenientes de los procesos industriales de trituración de roca y producción de concreto).

Desde el punto de vista arqueológico, se formulan medidas previas al llenado del embalse, para el rescate de elementos funerarios y de zonas de basureros. De manera similar, se propone un programa de seguimiento para la fase de construcción de las líneas de conducción primarias, secundarias y terciarias del distrito de riego, dado que existe la posibilidad de recuperar material arqueológico importante.

Durante la fase de operación, se establecen medidas para el establecimiento de una franja de aislamiento alrededor del embalse y seguimiento a la misma. Se formulan las acciones destinadas a la minimización de los efectos asociados a la regulación del caudal - reducción de poblaciones de fauna asociada a cuerpos de agua, principalmente anfibios y aves que forrajean en las orillas del río y se alimentan de organismos acuáticos, algunas especies de mamíferos y las poblaciones de peces, en especial de tallas mayores como bocachico, pataló y dorada, que pueden no sobrevivir bajo condiciones de menor caudal que el actual – para lo cual se plantea un caudal ecológico y desembalses ocasionales durante el año, que simulen el comportamiento estacional del río. De esta manera, se busca no solo satisfacer unas funciones ecosistémicas mínimas del río sino también que se conjugue la viabilidad económica del proyecto Ranchería.

Para la operación del Distrito de Riego, las medidas se orientan a la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas, buen manejo de agroquímicos, manejo eficiente de plagas y del recurso hídrico.

Es importante resaltar las medidas de compensación recomendadas referentes al establecimiento y manejo de rondas de protección en drenajes ubicados aguas abajo de la Presa El Cercado, importantes afluentes del río Ranchería por su aporte de caudal, que contribuya a minimizar los efectos asociados a la regulación del Río.

Adicionalmente, se formulan las acciones de compensación de la cuenca alta del río Ranchería, orientadas a la adquisición, preservación y conservación de áreas en microcuencas estratégicas por el aporte del recurso hídrico al futuro embalse. Estas acciones se enmarcan a la vez en el cumplimiento de las inversiones forzosas establecidas en los Artículos 43 y 101 de la Ley 99 de 1993.

En lo que respecta a los aspectos epidemiológicos, se formula un programa en salud pública para la Etapa I de construcción que incluya la articulación con los programas de salud ocupacional para la población trabajadora.

(Tomado de Impacto\_Ambiental\_Rio Ranchería/Proyecto Ranchería-Licencia Ambiental Única emitida por CORPOGUAJIRA mediante Resolución No. 02408 de 1999)

Dado el tipo de region arida en la Guajira, este proyecto representa un gran beneficio para la sociedad porque el servicio de agua para la poblacion es de calidad deficiente y se suministra de forma incontinua; asi que esto ha generado mas expectativa que preocupacion entre la poblacion, por las consecuencias nefastas a futuro sobre el medio ambiente y como consecuencia sobre los habitantes.

Es de entender, que esta posicion favorable de parte de la poblacion influenciada se debe a que no se tiene informacion acerca de las consecuencias que origina este tipo de proyectos.

La mayoria de las consultas entre los habitantes se realizaron con las poblaciones indigenas cercanas al área afectada, y todos los que se reunieron aceptaron gratamente la ejecucion del proyecto porque realmente es de mucho provecho para todos. Sin embargo, ciertos grupos indigenas que se encuentran cerca del área de proyecto interpusieron acciones de tutela apelando a la construccion de megaproyectos en su territorio ancentral y sin previa comunicaci3n a ellos, como ocurrio con las comunidades de algunos Arhuacos, Kogui, Kankuamos y Arzarios o Wiwas.

Sin embargo despues de muchos estudios y procesos legales se comprob3 que *“en el lugar donde se construye la presa de El Cercado no existen pueblos indígenas, cultivos de pan coger, ni*

*crías de animales domésticos, ni tampoco construcciones de vivienda*". Los predios aledaños están formados por 57 fincas o fundos de propiedad particular y el pueblo indígena más próximo dista cerca de 26 kilómetros de los límites que enmarcan la reserva indígena, y 14 kilómetros de la comunidad habitada más cercana; por lo tanto no se ve afectada ningún tipo de grupo étnico y además la construcción se lleva a cabo lejos de las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, distando una hora y treinta minutos en transporte vehicular de donde residen las comunidades. Además, se pudo constatar que tampoco existen sitios sagrados, pagamentos indígenas o viviendas que les pertenezcan.

Sin embargo, los indígenas pertenecientes a estos grupos hicieron una movilización en señal de protesta, pero al parecer sin mayores efectos, porque entre otras esto debió haberse hecho antes del inicio del megaproyecto, así que la pronunciación fue tomada como un simple mensaje ecológico.

Ellos, principalmente los indígenas pertenecientes al pueblo wiwa, siguen insistiendo en que el proyecto destruirá gran parte de sus sitios sagrados, pero el gobierno cede en todos estos casos a los intereses de la empresa privada, evadiendo la responsabilidad que el mandato constitucional le impone al Estado de garantizar el acceso digno y equitativo al agua y a un medio ambiente sano, a todos los sectores de la población. De esta manera estos grupos étnicos tienen que asumir las pérdidas ambientales de la construcción de estos proyectos, así como sucedió con el del pueblo indígena Embera por la construcción de la presa Urrá.

Por otra parte, la situación de orden público es bastante crítica como consecuencia de las disputas territoriales de los distintos grupos armados. La zona de influencia es crítica porque constituye una frontera entre los grupos paramilitares que avanzan desde la zona plana hacia las zonas montañosas y a su vez de los otros grupos, que avanzan en sentido contrario. En sectores como Chorreras, Zambrano o Corral de Piedra, por ejemplo, hacen presencia frecuentemente los grupos 'paras', mientras que en Caracolí es más notoria la presencia de la guerrilla y constituye para ella, un corredor de acceso a las altas montañas en la Sierra. En este contexto, el Proyecto Ranchería en todo su desarrollo, tendrá

que afrontar problemas de esta índole y se puede poner en riesgo la construcción como tal y la integridad de sus empleados; sin embargo esto es consecuencia de la situación de nuestro país.

Un hecho lamentable que ocurrió cuando se realizó el desvío del cauce del río Ranchería por medio de un túnel de desvío que tiene 638 metros de largo y por el cual corre el río mientras se levanta presa, fue la muerte de 3500 peces como consecuencia de la turbiedad y la contaminación química de sus aguas. Encontraron restos de cemento, sika y hasta estructuras de hierro que fueron vertidas al río; estos residuos debían ser bombeados con carro tanques y regados en las vías de acceso a la obra

Sin embargo, la gerente del proyecto Ranchería, Nyree Quintero Galindo, asegura que antes de la desviación del río se diseñaron medidas de mitigación y se cumplieron todas las recomendaciones. "Sabíamos del impacto que se iba a generar al aumentar la turbiedad del agua, por eso se diseñó una estrategia de rescate de peces y otros animales acuáticos" y además añadió que se habían rescatado muchos más de los que murieron; pero expertos en el tema realizaron un estudio y encontraron que se rescataron 3000 peces, un número menor de los muertos, y además entregaron las razones de la muerte de los peces: "La mayoría de los peces (bocachico, besotes, barbudo, dorado) murieron por falta de oxígeno y otros quedaron ciegos, al parecer, por las quemaduras de los residuos químicos y chocaron contra las piedras".

La ingeniera admite que este tipo de accidentes ecológicos no son justificables, pero insiste en que hacen parte de los riesgos que lleva una obra de tan grandes proporciones.

*"Si se llegara a comprobar que no hicieron caso de las recomendaciones para mitigar el impacto y en el peor de los casos, si se considera que hubo omisiones graves, podrían suspenderle la licencia ambiental como sanción". (Fuente: PAOLA BENJUMEA BRITO - EL TIEMPO)*

A pesar de todas estas cosas, este proyecto es considerado como una de las mejores opciones para elevar el nivel de vida de la mayoría de población del departamento de La Guajira. El agua es

vida, y solo cuando no se tiene acceso a ella en forma continua y saludable, el sueño de tenerla está por encima de cualquier cosa, y es por eso que el pueblo guajiro apoya firmemente este proyecto.

Por otro lado se espera que la construcción de esta obra sea de muy buena calidad y de resultados óptimos, donde los beneficios compensen las alteraciones hechas al ecosistema.

Este proyecto genera mucha ilusión entre las comunidades ya que el departamento, rico en carbón y sal, es escaso en agua sobre todo en la parte norte. Allí los habitantes de los municipios y los grupos indígenas, deben someter el agua de mar a ciertos procesos físicos para usos sanitarios. Para el consumo humano, deben recurrir a quienes comercializan el preciado líquido en esa región, y para las actividades de cría de chivos, que es la actividad económica más frecuente entre la comunidad, se recurre a yacimientos naturales de agua subterránea, popularmente conocidos como: Hagueyes. Por lo tanto para los municipios de Uribia, Manaure y aledaños, quienes son los que más sufren por la falta de agua, es un gran anhelo la ejecución de este proyecto.

Este sentimiento se exterioriza hacia todos los residentes del departamento, quienes disfrutan mucho del turismo en esa parte. Esto permite que el desarrollo que se generará por la construcción del Proyecto Ranchería sea un interés común, lo cual se transforma en que los fines individuales a los que ha estado expuesto siempre el territorio guajiro por parte de los gobernantes no sean tan prominentes. “Este es el único megaproyecto sin corrupción en La Guajira”, dicen algunos.

Setecientas setenta y ocho personas trabajan diariamente en el proyecto. De ese total, quinientos sesenta y seis empleados son habitantes de la región y cincuenta y uno son indígenas. Mil ciento cincuenta predios, donde se cultivarán frutas y hortalizas que serán irrigados desde el embalse, son de mil propietarios.

Por esto y por los beneficios a futuro este proyecto es considerado como progreso para la Guajira. Pero es inevitable no realizar algunos interrogantes para los cuales no se han hallado respuestas aún, tales como: Qué harán los habitantes de Riohacha, donde desemboca el rio Ranchería y del cual se abastece la población de forma precaria, para solventar el déficit de agua cuando la presa El

Cercado se encuentre en el período de llenado y cese la fluencia del río? Qué va a hacer el municipio de Maicao, cuya fuente de agua es transportada desde Riohacha y Venezuela por medio de carros tanques, y aun así la población sufre por la falta de agua?

Otro aspecto de vital importancia que al parecer no se tuvo en cuenta dentro del estudio de impacto, es la variación del microclima y el cambio de la temperatura del agua. En la Guajira se soportan temperaturas muy altas, y el espejo de agua en el embalse provocará un aumento en ella y esto a su vez ocasionará múltiples consecuencias entre la población, teniendo en cuenta que en abril de 2009 murieron dos personas en el municipio de Barrancas por la intensa temperatura, y además, algo que ayuda a apaciguar el intenso calor, es el agua del río ranchería q es considerada muy fresca porque viene de la Sierra nevada, pero ahora su temperatura se incrementará y no producirá el mismo placer.

Otro aspecto por mencionar, es que el territorio Guajiro presenta los mayores índices de evaporación en el país, en proporción a la cantidad de agua presente; y también es conocido por todos que es un territorio desértico, aunque la zona del embalse tenga un poco mas de cobertura vegetal, por lo tanto en el río Ranchería podría ocurrir algo muy parecido a lo que ocurre en El Nilo por las altas evaporaciones, y se podría estar perdiendo el agua de una forma mucho más rápida y más notoria ya que la extensión del río Ranchería no alcanza a ser una pequeña parte de la río Nilo. Y esto traería consecuencias graves, ya que el frágil flujo del río Ranchería es la única fuente de agua pura y dulce del departamento.

Las pocas personas pertenecientes a la región que conocen acerca de los impactos negativos ocasionados por embalses, solo esperan en Dios que este proyecto no tenga los resultados de otros ya terminados.

## **9.2 HIDROSOGAMOSO**

### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO**

El Proyecto Hidroeléctrico del Río Sogamoso, ejecutado por la empresa ISAGEN, se localiza en la región nororiental de Colombia, en el Departamento de Santander, sobre la Cordillera Oriental. La presa y el embalse se ubican en jurisdicción de los municipios de Girón, Betulia, Zapatoca, Los Santos y San Vicente de Chucurí, en el departamento de Santander. El área de influencia del proyecto se extiende también a la zona del bajo río Sogamoso, hasta su confluencia con el río Magdalena.

El objeto básico del proyecto hidroeléctrico del río Sogamoso es la generación de electricidad; aprovechando el caudal del río Sogamoso, mediante la construcción de una presa sobre el cauce del río, la cual forma un embalse. Aprovechando la caída generada por el embalse, las aguas son conducidas por medio de cuatro túneles presurizados hasta el sitio de una central subterránea, donde se instalarán cuatro unidades de generación de energía. Finalmente, los caudales utilizados son restituidos al mismo río Sogamoso, mediante dos túneles de descarga, inmediatamente aguas abajo del sitio de presa.

El caudal medio natural en el sitio de presa es de 471,5 m<sup>3</sup>/s y mediante la construcción de la presa se creará un embalse con un volumen máximo de 4 800 000 000 m<sup>3</sup>, ocupando una extensión de 7 590 ha.

La presa es del tipo de gravas con cara de concreto, de 190 m de altura, 345 m de longitud de cresta y taludes exteriores de 1,5H: 1,0V. La cresta de la presa se localiza a la cota 330 msnm con un volumen de relleno de 8,5 millones de m<sup>3</sup> provenientes de las zonas de préstamo de gravas naturales y de enrocados de las excavaciones del rebosadero y otras obras del proyecto.

### **SISMICIDAD EN EL ÁREA DEL PROYECTO**

El proyecto se ubica dentro de una de las regiones sísmicamente activas de Colombia. A menos de 70 Km del sitio se encuentra el nido sísmico de Bucaramanga, considerado el rasgo sismogénico más activo del país. Si bien la magnitud de los sismos generados en este lugar no es alta, la ocurrencia de eventos es de continuidad alta. Dentro del lapso de historia sísmica consignada para la zona del proyecto se encuentran dos eventos con magnitud 7.7 ocurridos

a 141 y 157 Km del proyecto, otros dos de magnitud 7.0 ocurridos a 136 y 99 Km y otro de magnitud 6.8 a 80 Km de la zona del proyecto. El evento importante más cercano ocurrió a 33 Km con una magnitud de 6.6.

## **DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES**

El desarrollo de las actividades constructivas y operativas del proyecto demanda recursos naturales como el consumo de agua, la generación de vertimientos, la demanda de materiales de construcción, la generación de residuos sólidos, el aprovechamiento forestal y las emisiones atmosféricas que se realizan por el manejo de los materiales de construcción y la operación de maquinaria.

El tiempo aproximado de duración de las actividades para la adecuación, construcción y operación del Proyecto se estima en 5 años. Se va a requerir para el desarrollo de todas las etapas del proyecto un pico de 2780 empleados entre residentes y flotantes.

Durante la construcción y operación del proyecto se tiene prevista el uso del río Sogamoso como fuente de abastecimiento de agua para campamentos, talleres y oficinas. Para la captación de agua del río se requerirá de sistemas de bombeo desde la captación hasta el sitio de campamento de allí pasarán a un sistema de plantas compactas de tratamiento de agua para consumo humano para su posterior almacenamiento y distribución.

Las emisiones atmosféricas implicadas en el desarrollo de las obras se producirán principalmente por las actividades de excavación, transporte de materiales, rellenos y tránsito de vehículos por las vías de acceso al proyecto que no estarán pavimentadas.

Las emisiones de gases se asocian a las fuentes móviles, las cuales están compuestas por los vehículos de transporte y la maquinaria pesada. Las emisiones más significantes de gases en el proyecto se producen por el uso de la maquinaria pesada que funciona principalmente con combustible diesel. La cantidad de las emisiones depende de la cantidad de maquinas que se encuentren en el sitio de obras, el estado de condición del motos del vehículo y la calidad del combustible.

Para la preparación de concreto en la obra, se llevará a cabo la instalación de una concretera en la que se utilizará una trituradora y se utilizarán silos de almacenamiento para el cemento. Las actividades de trituración son fuentes de emisión de material

particulado, y su control se realizará con el agua utilizada para el lavado del material.

Según los experimentos realizados, el factor de emisión para partículas suspendidas totales es de 0.0027 kg por tonelada de material, mientras que para PM-10 es de 0.0012 kg por tonelada de material triturado. Asumiendo la trituración de 200 000 Ton anuales de material, las emisiones producidas serían del orden de 240 kg de PM10 y 540 kg de partículas suspendidas totales.

## **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

### **Acciones o actividades del proyecto:**

- **Construcción y adecuación de vías:** Incluye las siguientes obras:
  - ✓ Compra de predios y mejoras.
  - ✓ Construcción de vías y accesos a los sitios de obra.
  - ✓ Cruces fluviales.
  - ✓ Rehabilitación de tramos de vías.
  - ✓ Instalación de plantas de trituración de material, para el suministro del afirmado de la vía, explotación de canteras y transporte y disposición de materias primas y excedentes de excavación.
  - ✓ Transporte de equipos y maquinaria adecuada para estas actividades.
  
- **Construcción e instalación de campamentos talleres y oficinas:**
  - ✓ Remoción de vegetación y suelo
  - ✓ Instalación de plantas de trituración de material pétreo
  - ✓ Preparación de concreto
  - ✓ Transporte y mantenimiento de equipos
  - ✓ Disposición de los excedentes de excavación
  - ✓ Ejecución de las obras para abastecimiento de energía eléctrica
  - ✓ Captación y suministro de agua potable
  - ✓ Tratamiento y disposición final de aguas residuales.
  
- **Construcciones subterráneas:**
  - ✓ Excavaciones de: obras de desvío, descarga de fondo, obras de conducción, galerías de almenaras y ventanas, vías de acceso a ventanas de construcción, caverna de máquinas.

- **Construcciones superficiales**
  - ✓ Excavaciones y la construcción del vertedero, preatagüa, atagüa, presa y demás obras anexas.
  - ✓ Explotación de fuentes de materiales aluviales en la zona de la Hacienda la Flor y su transporte a los sitios de obra.
  
- **Adecuación del área del embalse:**
  - ✓ Remoción y disposición del material vegetal
  - ✓ Transporte de materiales
  - ✓ Compra de predios y mejoras en la zona que será inundada.
  
- **Llenado del embalse:** Consiste en el taponamiento del túnel de desviación a fin de lograr el llenado de embalse.
  
- **Operación de la central:** Una vez obtenida la cota de inundación requerida, la ejecución del proyecto entrará en la etapa de operación, en donde se incluyen actividades como toma de agua para la generación de energía en la central, descarga de las aguas turbinadas y descargas de fondo cuando el proyecto así lo requiera. Así mismo se incluye el funcionamiento de los campamentos durante la operación del proyecto, la cual involucra captación y suministro de agua potable, así como el manejo de residuos líquidos y sólidos.

Cada una de las actividades mencionadas anteriormente, provocará la modificación de determinados procesos que se llevan a cabo en el ambiente, que incluyen además de las interrelaciones entre los elementos abióticos y bióticos naturales del ecosistema, aquellos introducidos por las actividades de los asentamientos humanos de la zona.

### Factores del medio ambiente potencialmente afectados

SISTEMA	COMPONENTE	SUJETO
FÍSICO	SUELOS	Usos del suelo Características edáficas
	AGUA	Superficiales Subterráneas
	ATMÓSFERA	Nivel de ruido Composición de la atmósfera
	PROCESOS GEOFÍSICOS	Inestabilidad

		sedimentación Erosión Morfología
	MORFOLOGÍA Y PAISAJE	Modificación aspecto ambiental
<b>BIÓTICO</b>	PROCESOS ECOLÓGICOS	Corredores ambientales
		Nichos
		Redes tróficas
	FAUNA	Comunidades acuáticas
		Comunidades terrestres
	VEGETACIÓN	Comunidades acuáticas
Comunidades terrestres		
<b>ANTRÓPICO</b>	DEMOGRÁFICO	Salud
		Educación
		Infraestructura
		Número, densidad y movilidad poblacional
	SOCIOPOLÍTICO	Organización comunitaria
		Estructura de los conflictos políticos y sociales
		Estructura del poder local y regional
	SOCIOCULTURAL	Sentido de pertenencia
		Estrategias adaptativas
		Identidad y heterogeneidad cultural
	SOCIOECONÓMICO	Actividades mineras
		Actividades agropecuarias
Empleo		
Actividades comerciales		

**CUADRO.3**

## **IMPACTOS FÍSICO-BIÓTICOS**

- **Pérdida de cobertura vegetal**

Para la construcción de proyecto hidroeléctrico del río Sogamoso se deberá inundar o remover la cobertura vegetal en diferentes áreas, lo cual implica, además de la eliminación de la vegetación, la pérdida de hábitat u oferta alimenticia para especies de fauna, la muerte de individuos y desplazamiento o migración de especies. Desde el punto de vista ecológico son de mayor vulnerabilidad los bosques naturales y la vegetación secundaria de crecimiento avanzado (rastrojos altos y rastrojos altos arbolados), cobertura que

está generalmente asociada a los bordes del río o de otros afluentes menores; este tipo de vegetación a la vez que cumple una función protectora, es el hábitat y refugio de muchas especies faunísticas que dependen de la vegetación para el mantenimiento de sus poblaciones.

Algunas de estas especies de fauna pueden estar en peligro de extinción. Se califica como Bajo (0,4), teniendo en cuenta que menos del 40 % de la cobertura vegetal que será afectada por el proyecto corresponde a estas unidades.

- **Pérdida de hábitats, muerte y migración de animales**

La construcción de las obras principales y secundarias, así como el llenado del embalse, generarán la destrucción del hábitat de muchas especies de fauna, usado para vivienda, reproducción y alimentación; así mismo, al interrumpirse la continuidad de la cobertura vegetal, se impide el libre desplazamiento, quedando aisladas o disminuyendo el área del hábitat de las especies. Durante el proceso de adecuación del embalse y de llenado muchos animales pueden migrar hacia sectores aledaños al embalse, entrando a competir por el espacio y recursos con las poblaciones allí existentes; igualmente, durante este proceso es posible que mueran individuos.

Dentro de las especies de bosques más vulnerables se encuentran los tinajos, los ositos lavador, los osos hormigueros, los venados, perezosos, armadillos, puercoespines, los primates, muchas especies de murciélagos, los coatíes o cusumbos, perros de monte, entre otras. Los aguachorros perderán también sus hábitats en los bosques de galería, así como los anfibios. Todas las familias de anuros (ranas y sapos) presentan especies ligadas a los bosques de galería y cursos de agua en el área del embalse y zonas aledañas.

Algunas especies de aves acuáticas que llegan al río Sogamoso y quebradas aledañas (garzas, martines pescadores, etc), perderán áreas de alimentación y reproducción. Las aves que utilizan el bosque también perderán áreas y corredores importantes para su desplazamiento a lo largo de la zona.

Las poblaciones de nutria (*Lontra longicaudis*), especie reportada en peligro de extinción y que todavía se puede encontrar en el valle medio del río Sogamoso y el Chucurí, son las que se verán más afectadas con el llenado, debido a la muerte de individuos, llegando incluso a no detectar su presencia a nivel local actualmente. En este sector también se reporta la presencia de babillas.

En el valle de la quebrada La Chafarota se reporta una población relictual de váquiros, que seguramente se encuentra en proceso de extinción local por falta de hábitat disponible y por cacería; esta población será también una de las más afectadas a consecuencia del llenado del embalse, puesto que se disminuye el área de su hábitat.

Los reptiles también se verán afectados, entre ellos las serpientes (boas, talla x, cazadoras), las iguanas y las lagartijas; muchos de ellos morirán, mientras que otros se desplazarán hacia afluentes aledaños al embalse.

- **Pérdida o alteración de suelos**

- ✓ **Construcción de obras principales**

En el sitio de obras principales se deberán hacer excavaciones a cielo abierto lo que implica la pérdida de suelos; los suelos de esta área pertenecen a Cultivos Permanentes y Semipermanentes y/o Reforestación, caracterizados por ser poco profundos, con presencia de bloques angulosos de roca aflorando sobre la superficie, por lo cual se considera que el impacto sobre el suelo es moderado.

- ✓ **Vías de acceso a las obras**

Para llegar a los diferentes frentes de trabajo se deberán adecuar vías de acceso, lo cual causa un impacto directo sobre el suelo ocasionado por el corte de taludes y la compactación causada por el paso de maquinaria pesada. Este mismo impacto se presenta en el área de la planta trituradora.

- ✓ **Zonas de depósito para obras principales y vías de acceso**

En estas áreas se alterará el perfil estructural de los suelos, al quedar por debajo de los materiales de depósito durante la conformación de los rellenos con el material sobrante.

- ✓ **Fuente de materiales**

Los suelos que se afectarían son de origen aluvial, pertenecientes a Tierras para Agricultura con Cultivos Transitorios localizados en islas y orillas del río Sogamoso, entre 4 y 6,5 km aguas abajo del sitio de presa.

- ✓ **Área de embalse**

Uno de los impactos directos más importantes del Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso es la pérdida de tierras con vocación agrícola. La zona que quedará bajo las aguas del embalse corresponde, en una gran extensión, al paisaje de valle, el cual está

constituido por complejos de orillales, vegas y varios niveles de terrazas cuyos suelos, en su gran mayoría, tienen aptitud para la agricultura; estos pertenecen a Tierras para Agricultura con Cultivos Transitorios y para Ganadería Intensiva.

La inundación de tierras de alta vocación agrícola, a pesar de ser una acción en aras del incremento de la capacidad del país para generar energía, suele crear en las gentes de la región un sentimiento de frustración. Sin embargo, hay dos consideraciones que ayudan a aceptar el hecho como parte de un proceso de desarrollo que es benéfico para el país. El primero está relacionado con la necesidad urgente de crear nuevas fuentes de energía para responder a las necesidades crecientes de las ciudades, de la industria y del sector rural. El segundo aspecto por tener en cuenta al evaluar el efecto de la pérdida de tierras agrícolas por el embalse es que el departamento de Santander tiene zonas amplias con vocación agrícola en el valle medio del

Magdalena, en San Vicente de Chucurí, Barbosa, Vélez, San Gil, Río Negro y el Playón, entre otras, las cuales, al elevar su productividad con fertilización, riego, drenaje, encalado, siembra de variedades de plantas mejoradas y adaptables al medio, en sistemas de producción optimizadas y en condiciones de paz y de tranquilidad en la región, pueden suplir con creces los alimentos que las comunidades necesitan y aquellas otras que van a los mercados nacionales e internacionales.

- **Potenciación y aceleración de procesos de inestabilidad en la periferia del embalse**

En el área del embalse y sus alrededores se identificaron tanto zonas potencialmente inestables (ZPI) como zonas inestables activas (ZIA), de las cuales algunas quedarían inundadas, otras estarían parcialmente cubiertas por el embalse y otras se localizan en el área periférica por fuera de la zona de inundación.

Los cambios en el nivel freático a causa del llenado del embalse, pueden inducir procesos en zonas potencialmente inestables, como también acelerar los deslizamientos en zonas inestables activas. Estos procesos tendrían efectos sobre la calidad del agua en el embalse por el aporte de sedimentos y sobre la geomorfología del área afectada, al perderse el suelo allí existente.

Los usos principales de la zona están definidos por actividades agropecuarias en donde se destacan los cultivos de frutales y la ganadería, complementados por zonas de bosques secundarios. Son

característicos los procesos de erosión superficial profunda en suelos altamente erosionables donde predomina el desprendimiento y caída de materiales, socavación profunda de aguas superficiales generando surcos y cárcavamiento, y afectación de drenajes principales durante avenidas torrenciales.

- **Aumento de la presión sobre los recursos naturales**

La llegada de un gran número de personas a la zona del proyecto durante la etapa de construcción aumenta la presión sobre el recurso forestal, debido a demanda o búsqueda de materiales de bajo costo para la construcción y adecuación de viviendas, la tala de vegetación para conseguir leña para cocinar.

El desmonte incontrolado trae como consecuencia un aumento en el deterioro de los suelos. Así mismo, es posible que se aumente la caza y comercialización de especies de fauna terrestre y acuática, extraídas de las zonas de influencia del proyecto.

Durante la etapa de operación la presión sobre estos recursos naturales, se presentará a causa de la generación de turismo alrededor del embalse.

- **Contaminación de corrientes superficiales de agua por aportes de sedimentos, desechos de obras, residuos sólidos comunes y especiales y vertimientos de agua de origen doméstico e industrial. Alteración de hábitats de comunidades hidrobiológicas**

#### **Vías de acceso a las obras**

Las actividades inherentes a la construcción de las diferentes vías de acceso implica el descapote y explanación del terreno y la construcción de estructuras y obras de arte, las cuales generan material de desecho que eventualmente podrían ser focos de aportes de sedimentos y contaminación por sólidos disueltos y en suspensión a las corrientes de agua.

Estas actividades afectarían, además del río Sogamoso, a otras corrientes menores por remoción de materiales.

#### **Material de zonas de préstamo**

La remoción del material requerido implica incrementos de sedimentos en el sector y aguas abajo, además de pérdida de hábitats acuáticos en el lecho del río.

### **Zonas de depósito**

La incorrecta disposición, ubicación y manejo de zonas de depósito de excedentes de excavación puede causar aportes de sedimentos a los cauces de agua, ya sea por su proximidad o a través de las aguas de escorrentía.

De acuerdo con las áreas de ubicación de depósitos establecidas en el sitio de obras principales del proyecto correspondiente a la presa, obras de desviación y obras anexas, un total de 6 corrientes de agua resultarían afectadas.

### **Obras sustitutivas**

La construcción de las obras sustitutivas (tramos de las carreteras Bucaramanga -Barrancabermeja y La Renta - San Vicente, tramo de poliducto Barrancabermeja - Bucaramanga, línea de transmisión, construcción o relocalización de los puentes, reasentamientos de personas desplazadas) en general produce afectación de los cauces naturales de agua básicamente por aportes de sedimentos, los cuales alterarían la calidad del agua en cuanto al contenido de sólidos disueltos y en suspensión.

### **Campamentos, talleres y oficinas**

La ubicación de campamentos, talleres, almacén, bodegas y oficinas del proyecto, generará dentro de las actividades de construcción, (descapote y explanación de áreas, disposición del material de descapote y explanación) producción de residuos sólidos que se convierten en focos contaminantes de sedimentos y sólidos disueltos y en suspensión, que por escorrentía o acción directa contaminaría las corrientes de aguas cercanas, eventualmente las quebradas Cabezona, Maritales y Las Doradas.

### **Planta trituradora y de concretos**

Se necesitarán 1817,9 m<sup>3</sup>/día de agua industrial para la construcción de la presa y demás obras relacionadas, generando vertimientos de 1417 m<sup>3</sup>/día de la planta de trituración, 172,8 m<sup>3</sup>/día de la limpieza de vehículos y maquinaria y 138,2 m<sup>3</sup>/día de la construcción del túnel de desviación y obras adicionales.

### **Obras principales**

Las actividades asociadas con la construcción de obras principales como son el descapote y explanación, la remoción del material aluvial del río, las excavaciones, los rellenos, fundación de la presa, revestimiento de túneles y pozos de conducción, construcción de las estructuras de captación, caverna de máquinas y obras de descarga, entre otras, generan grandes volúmenes de residuos heterogéneos, los cuales potencialmente pueden ser vertidos a los cauces de agua. Estas acciones ocasionan alteración de la calidad del agua especialmente de tipo físico, representada por incremento de sólidos

y turbidez del agua. Esta afectación es local con repercusiones aguas abajo del río Sogamoso.

### **Efectos del impacto**

Eventualmente la contaminación del agua, además de afectar la concentración de las variables físicas, químicas, bacteriológicas y el hábitat de las comunidades hidrobiológicas podrían afectar el uso que de ellas se dé.

Los aportes de residuos de material vegetal, suelos, rocas, etc, además de originar sedimentación y alteración de la calidad del agua produce efectos adversos locales sobre la composición y estructura de las comunidades hidrobiológicas ubicadas en los sectores del río Sogamoso y corrientes directamente afectadas, debido a la contaminación de desechos de obra por su disposición inadecuada.

Además de la contaminación del agua por residuos disueltos como en suspensión podría producirse obstrucción del flujo del agua y eventuales represamientos que, de acuerdo con su magnitud y tipo de corriente, podría afectar pobladores, animales domésticos o áreas de cultivo ubicados en sus márgenes.

El aporte de material excedente por remoción de suelos y aguas de escorrentía a las corrientes de agua, sobre todo si éstas presentan un bajo caudal, pueden generar incrementos de material sedimentado localmente y aguas abajo, además de producir cambios en la calidad del agua especialmente por el aumento de sólidos disueltos y en suspensión.

Este evento se asocia con la disminución de la transparencia del agua, la cual merma el establecimiento y productividad de comunidades como el fitoplancton y perifiton, modificando por tanto indirectamente la estructura y funcionamiento de los macroinvertebrados bénticos y la ictiofauna.

- **Cambios morfológicos y degradación del lecho del río Sogamoso aguas abajo del acceso al portal de captación sector de la presa**

La retención en el embalse de sólidos del agua en forma de sedimentos, le confiere gran capacidad erosiva al agua turbinada. Esta condición determina aguas abajo del sector de la presa cambios morfológicos en el cauce del río, originando por un lado un fenómeno local de socavación cerca de la presa y de otro lado promover problemas en pilas, puentes y otras estructuras fluviales.

- **Alteración del régimen de caudales del río Sogamoso, consecuencias en el sistema aguas abajo del sitio de presa**

El régimen de caudales del río Sogamoso a nivel mensual se afectará con el proyecto. Durante los períodos naturales de verano el caudal será un poco mayor y durante los períodos lluviosos se descargará un caudal un poco menor que el natural.

Los efectos de la operación de la central del proyecto Sogamoso sobre el río son dos:

- Aumento súbito de los caudales por la operación de las turbinas.
- Regulación de los caudales medios mensuales.

De otra parte, la operación del proyecto puede afectar el régimen de la Ciénaga el Llanito debido a los siguientes factores:

- Por un descenso de los niveles de los cauces y de los niveles de agua del río Sogamoso, Caño San Silvestre y Caño el Deseo, debido al fenómeno de la degradación del río Sogamoso por efecto de la operación del proyecto.
- Por un cambio del régimen de caudales del río Sogamoso debido a la operación del proyecto y como consecuencia al cambio del régimen de niveles en la Ciénaga el Llanito.
- Por la disminución de volumen de sedimentos que introduce el río Sogamoso a la ciénaga El Llanito durante los inviernos.
- Por una combinación de los factores mencionados.

- **Potencial contaminación del aire**

El funcionamiento de la planta trituradora para tratar los materiales de construcción afecta el componente atmosférico, debido a la generación de ruido, la producción de gases de la combustión interna del motor y la emisión de partículas.

El uso de la dinamita especialmente durante las actividades de excavación de obras subterráneas (casa de máquinas, túneles de conducción, almenaras, etc) y de obras superficiales (portales de túneles de obras de desviación, excavación exterior de obras de captación, portal de salida de túneles de descarga, etc) genera además del ruido, emisión de partículas y posible fracturamiento inducido de la roca.

El tránsito de equipos y maquinaria por carretables no pavimentados y el transporte inadecuado de material susceptible a resuspenderse en el aire, traen consigo la presencia de nubes permanentes de polvo que afectarían tanto a los trabajadores como

a lugareños ubicados en cercanías de las vías. Además la movilización de maquinaria pesada sin dispositivos de control, puede originar ruido por encima de los niveles permitidos.

Otras actividades que generan material particulado y ruido están relacionadas con las operaciones de transferencia y manipulación de los materiales de relleno en el sitio de presa, la operación de las zonas de depósito, las excavaciones que debe realizarse en la fuente de materiales y la transferencia de estos materiales desde las excavadoras a los vehículos de carga.

La operación de maquinaria pesada, el tránsito de vehículos livianos, la operación de equipo de perforación y el funcionamiento de plantas eléctricas que funcionan a base de combustible diesel, son fuente de emisión de gases de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, HC, CO<sub>2</sub>, y material particulado.

### **Efectos del impacto**

El ruido generado durante el funcionamiento de la planta trituradora y la movilización y operación de maquinaria pesada, afectaría directamente a sus trabajadores, produciendo estrés en el desarrollo de actividades laborales, malestar general o pérdida de la audición cuando no se utilicen los elementos de protección personal.

Si no se establecen medidas preventivas y de control, la producción de gases y emisión de partículas provenientes de las chimeneas de la maquinaria, automotores, plantas eléctricas, equipos de construcción, etc, repercutirá sobre los pobladores, especialmente los niños, quienes son más susceptibles para adquirir afecciones de tipo respiratorio. Además, estas descargas en la atmósfera tienen repercusiones sobre las áreas de cultivo, la vegetación circundante y fauna asociada, pues el material particulado que se establece sobre las hojas de las plantas, puede llegar a afectar su productividad primaria y causar el desplazamiento de la fauna terrestre.

Estas últimas implicaciones además, se hallan asociadas con el transporte inadecuado de material y el tránsito por vías no pavimentadas, especialmente en época seca.

El uso de dinamita, si no es manejada con las medidas de seguridad respectivas, conlleva a la producción de explosiones que pueden causar la pérdida de la audición de los trabajadores y la emisión de altas cantidades de partículas que produzcan asfixia o taponamiento de las vías respiratorias.

- **Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso**

Las particulares características de localización del embalse con respecto al plano inundable del río Magdalena, dificultan la

disponibilidad de experiencias similares y sus efectos sobre peces migratorios aguas abajo, por la alteración del régimen de caudales, en especial en las épocas de aguas bajas (subienda y mitaca: época de migración de los peces para su reproducción en donde se desplazan por el río en contra-corriente).

### **Efectos del Impacto**

En general los efectos asociados con estos impactos, se sintetizan en:

- Cambios en la estructura y distribución de la población íctica.
- Disminución del grupo de individuos que realizan la migración, en especial aquellos maduros sexualmente.
- Disminución en la productividad íctica y pesquera de todo el sistema durante el año, probablemente años después del llenado.
- Cambios de la composición por especies y poblaciones.

Alteración de la actividad pesquera con repercusiones de índole social.

## PLANES DE MANEJO

PROYECTO DE MANEJO	IMPACTOS APLICABLES	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE MANEJO
Proyecto de manejo de los componentes vegetación, fauna y suelos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de cobertura vegetal</li>   <li>• Aumento de la presión sobre los recursos naturales</li> </ul>	<p>Organizar brigadas para recoger del suelo frutos, semillas y plántulas de las especies de porte arbóreo con énfasis en las reportadas como escasas en la región. Estas se llevarán a los viveros para ser procesadas y almacenadas. Cuando se retire la capa superficial del suelo, éste se colocará en una zona determinada para luego usarlo en el proceso de revegetalización de la zona. Se dictarán charlas educativas a los trabajadores referente a las restricciones y prohibiciones en cuanto la muerte, caza y comercio de animales o a la extracción ilícita de madera. Se creará una franja perimetral al embalse denominada Franja de Protección, la cual mantendrá la categoría de bosque protector conservando la vegetación natural y el hábitat terrestre.</p>
Proyecto de manejo del material sobrante proveniente de obras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de cobertura vegetal</li> <li>• Pérdida o alteración de suelos</li>   <li>• Contaminación de corrientes superficiales de agua por aportes de sedimentos, desechos de obras, residuos sólidos comunes y especiales y vertimientos de agua de origen doméstico e industrial. Alteración de hábitats de comunidades hidrobiológicas</li>   <li>• Potencial contaminación del aire</li> </ul>	<p>Después de estimar el volumen total de excavación, y el volumen de material a utilizar para el relleno de la presa y ataguía obtenemos la cantidad de material sobrante. Para disponer dichos materiales se escogieron 7 zonas de depósito con extensión total de 63,7 ha y capacidad de almacenamiento del orden de 8 968 000 m<sup>3</sup>. La biomasa vegetal blanda consistente de hojas y ramas, deberá ser sometida a un proceso de descomposición natural, con el objeto de convertir los materiales orgánicos en humus o compost. Se deberá previamente adecuar un sitio aledaño a los de obras para</p>

		almacenar este material y realizar el manejo apropiado.
Proyecto de adecuación del vaso del embalse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de cobertura vegetal</li> <li>• Pérdida de hábitats, muerte y migración de animales</li> <li>• Pérdida o alteración de suelos</li> <li>• Potenciación y aceleración de procesos de inestabilidad en la periferia del embalse</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la presión sobre los recursos naturales</li> </ul>	Después de determinar las zonas a embalsar, se procede a la tala de árboles y remoción de la vegetación donde se permitirá a los pobladores de la región que hagan aprovechamiento de la madera. Aquí se realizará también la actividad de rescate de semillas y plántulas en coordinación con el personal que labore en los viveros, y se depositará una parte en el Jardín Botánico Eloy Valenzuela y se entregarán muestras a la Universidad Industrial de Santander como material de estudio. Aparte de las acciones de información y educación se realizará salvamento y reubicación de animales recatados, registro y colección científica de ejemplares, y mientras que serán depositadas en a UIS. Se acondicionará un centro de rehabilitación y permanencia de fauna silvestre para que se adapte antes de su liberación. Estas instalaciones tendrán una bodega para almacenar alimentos, laboratorio, cuarto de de incubación, jaulas, corrales y oficina administrativa.
Proyecto de manejo de basuras y residuos sólidos comunes y especiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de cobertura vegetal</li> <li>• Pérdida o alteración de suelos</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de corrientes superficiales de agua por aportes de sedimentos, desechos de obras, residuos sólidos comunes y especiales y vertimientos de agua de origen doméstico e industrial. Alteración de hábitats de comunidades hidrobiológicas</li> </ul>	Ubicar canecas que tengan colores diferentes para cada tipo de basura, en zonas estratégicas. El contenido se llevara a un centro de acopio temporal donde se hará un pre-clasificación: vidrio, cartón, papel y plástico. Después de la recolección y del reciclaje se lleva la basura a unos contenedores que se encuentran fuera de cada instalación, y estarán allí por dos días; luego pasará un vehículo par transportarlos al sitio de disposición final el cual es un relleno sanitario. Los residuos peligrosos: aceites, lubricantes, ácidos y baterías; tendrán un manejo especial en coordinación con empresas competentes, que cuenten con las instalaciones para el almacenamiento, recuperación, posible reutilización, y disposición final con el control ambiental respectivo.
Proyecto de manejo de los componentes hídrico,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación de corrientes superficiales de agua por aportes de sedimentos, desechos de obras,</li> </ul>	Se realizará una trampa de grasas para las aguas provenientes de la zona de cafetería o cocina de los campamentos, luego esta

hidrológico e hidrobiológico	residuos sólidos comunes y especiales y vertimientos de agua de origen doméstico e industrial. Alteración de hábitats de comunidades hidrobiológicas	agua es llevada a la planta de tratamiento compacta. Se creará una Unidad de retención de sólidos para las aguas provenientes de la Planta de trituración. Para el agua usada en el mantenimiento y limpieza, usará un separador API que consiste en un estanque que maximiza la sedimentación de sólidos y la flotación de grasas y aceites, los cuales son bombeados a dispositivos de almacenamiento para su debido tratamiento.
Protección de las riberas del río Sogamoso en los sitios más vulnerables (poblaciones del Puente Sogamoso y El Pedral).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios morfológicos y degradación del lecho del río Sogamoso aguas abajo del acceso al portal de captación sector de la presa</li> </ul>	Instalación de enrocados para proteger las riberas del río contra socavación lateral y prevenir deslizamientos. Instalación de geotextil entre talud y enrocado para evitar la migración de las partículas finas y para que no se presente erosión interna en el talud. Se seleccionará una cobertura vegetal para proteger los taludes tratados con enrocado, para la cual se recomienda preferiblemente pasto ya que son versátiles, de fácil adquisición, amplio intervalo de tolerancia, fáciles de establecer y cobertura densa en la superficie.
Reglas de operación de la central para el mantenimiento de la dinámica íctica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración del régimen de caudales del río Sogamoso, consecuencias e el sistema aguas abajo del sitio de la presa</li> <li>• Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso</li> </ul>	Permitir el mantenimiento de condiciones hidrológicas similares a las actuales para mantener la dinámica productiva de las especies ícticas migratorias. Regular las descargas para mantener los caudales históricos promedio especialmente durante las épocas de aguas bajas, importante para la etapa reproductiva de los peces migratorios.
Manejo del sistema de comunicación río Sogamoso - ciénaga El Llanito.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración del régimen de caudales del río Sogamoso, consecuencias e el sistema aguas abajo del sitio de la presa</li> <li>• Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso</li> </ul>	Realizar un monitoreo al río Sogamoso para detectar cambios geomorfológicos y grado de degradación por el funcionamiento del proyecto. Mantener los niveles y volúmenes en la ciénaga El Llanito para que no se alteren las condiciones de vida de los peces. Para esto se construirá un dique longitudinal entre la ciénaga El Llanito y el caño San Silvestre, con una estructura de control de niveles en la entrega del caño, que actúa en combinación con una bocatoma de derivación desde el río Sogamoso hasta las aguas del mismo, la cual tiene la capacidad de permitir la entrada de nutrientes, lavas y huevos a la ciénaga.

<p>Manejo del componente atmosférico</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial contaminación del aire</li> </ul>	<p>Los silos de almacenamiento del cemento cuentan con un filtro de manga incorporado el cual evita la emisión de partículas durante la extracción del cemento. En la trituradora las emisiones de partículas se mitigan empleando agua. Las vías sin pavimentar se humectarán con agua usando carro tanques. Para la emisión de gases de fuentes móviles, se requerirá el certificado de emisiones y revisión técnico-mecánica para los vehículos y además se les hará un análisis cada seis meses. La maquinaria pesada cuenta con dispositivos que minimizan las emisiones de gases y material particulado y también minimiza los niveles de emisión sonora que emite el motor. Los vehículos que transportan materia cuentan con carpas de cubrimiento para evitar la dispersión del material particulado.</p>
<p>Proyecto para la optimización de hábitats reproductivos y de desarrollo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso</li> </ul>	<p>Se realizará una rehabilitación y protección de los bosques de galería para optimizar la calidad del agua y dar un recurso adicional de alimento para las comunidades ícticas e hidrobiológicas. Para esto se harán siembras de semillas e individuos, así como aislamiento de áreas a lo largo de los cauces de las corrientes tributarias del río Sogamoso.</p>
<p>Proyecto de ordenamiento pesquero del bajo Sogamoso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso</li> </ul>	<p>Introducción de vedas de pesca (espacio de tiempo en el que está prohibido pescar) concertadas con la comunidad de pescadores para proteger los sitios más vulnerables. Controlar la actividad pesquera durante la época de construcción del proyecto. Dictar charlas para divulgar la reglamentación pesquera vigente. Control del uso del arte y métodos de pesca prohibidos, y la introducción de nuevos con evaluación y aprobación del ICA. Realizar seguimiento de las actividades pesqueras llevando un registro diario en los centros de acopio presentes en el sistema durante dos años seguidos, para conocer el volumen de pesca anual y lograr bases firmes para el ordenamiento de las pesquerías.</p>

<p>Proyecto para el repoblamiento íctico del bajo Sogamoso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso</li> </ul>	<p>Construir una estación piscícola para producción de alevinos (peces juveniles entre 2,5 a 5 cm de tamaño) de bocachico, bagre, dorada, pacora, picuda y doncella. Luego se hará la siembra de individuos producidos artificialmente; para esto se seleccionarán pozos o pocetas dentro de los tributarios de importancia. Los individuos artificiales se transportarán por vía terrestre o fluvial y serán mantenidos en bolsas plásticas inyectadas con oxígeno. Las actividades de siembra serán anuales y se harán evaluaciones periódicas para observar los resultados.</p>
<p>Proyecto para el aprovechamiento íctico y Pesquero en las Zonas de Barrera</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso</li> </ul>	<p>El ordenamiento pesquero se hará por las comunidades implicadas bajo la asesoría del ICA. Las tallas de los peces a pescar, será como mínima 1cm por encima de la reglamentaria. Solo se permite pesca diurna y por medio de atarraya. Se impulsará la creación de la Asociación de Pescadores del Río Sogamoso y ciénaga el Llanito. Se aprovechará el recurso íctico concentrado en la salida de los túneles de desviación en los meses de migración aguas arriba; en esta época los pescadores realizarán pesca de acuerdo a lo reglamentado. Los peces de tallas menores serán llevados a los afluentes aguas abajo.</p>
<p>Lineamientos para el manejo íctico en el embalse</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la productividad íctica del bajo Sogamoso</li> </ul>	<p>Se harán reuniones de información, consulta, y concertación para exponer los resultados de esta parte del programa y concertar los mecanismos de aplicación y control. Además se hará un fortalecimiento con actividades de educación y concientización sobre el manejo del recurso pesquero.</p>

**CUADRO.4**

## **IMPACTO SOCIAL**

Las relaciones funcionales de la zona de embalse giran alrededor de las cabeceras municipales de Girón, San Vicente de Chucurí, Betulia, Zapatoca y Lebrija y, sobre las vías que conectan a éstas entre sí y con Bucaramanga.

Los ingresos de la población residente en esta zona dependen principalmente de actividades agropecuarias.

La relación con los recursos naturales es principalmente extractiva, la deforestación por ejemplo, si bien no es muy alta, es permanente por el uso continuo de los recursos maderables y ampliación de potreros, por lo que es posible que la tendencia continúe. Desde el punto de vista arqueológico, en la zona no se han registrado hallazgos.

Si bien la población económicamente activa del área de influencia indirecta del Proyecto corresponde a 292.670 personas, de los cuales un porcentaje del 12% igual a 35.121 pobladores económicamente activos están en búsqueda de empleo, en el escenario Sin Proyecto, la condición de los pobladores de los núcleos poblados, según lo reportado por cada hogar encuestado, en la zona de obras, muestra una tendencia a bajar el porcentaje de desempleo, como circunstancia previa al desarrollo del Proyecto.

A continuación veremos el análisis detallado de este impacto.

### **Traslado involuntario de población por construcción del Proyecto.**

Será ocasionado a las familias que habitan las viviendas ubicadas en los predios que inevitablemente son requeridos para el Proyecto Hidroeléctrico Sogamoso para la conformación del embalse, en las zonas establecidas como de protección, en las áreas que presentan inestabilidad, en aquellas que corresponden a las fuentes y depósitos de materiales y a aquellas implicadas por el trazado de las vías sustitutivas y las vías de acceso a obras, así como a aquellas sobre las cuales se adelantarán las obras principales. El desplazamiento involuntario de población afectaría a 283 familias, conformadas por 1199 personas, que residen en 278 viviendas.

### ***Medidas de Manejo del impacto***

- Programa de Restablecimiento de condiciones de vida a la población a desplazar

Se crearán viviendas de reasentamiento para los habitantes de las áreas a usar, igualando o mejorando las condiciones actuales. Éstas se ubicarán en los municipios de Girón, Betulia, San Vicente de Chucurí, Zapatoca y Lebrija. Cuando la persona solicite la reposición del predio en una zona por fuera de la jurisdicción de estos municipios, se procederá a la negociación directa.

Se restituirán las áreas productivas, en igual extensión a la que se posee en la zona requerida por el proyecto, cuando la familia objeto de reasentamiento posea un predio con área desde 5,0 ha y hasta 20,0 ha.

Quienes no acepten el programa de reasentamiento, tienen la opción de hacer negociación directa la cual consiste en oferta de compra de bienes en dinero, compra de predios, pago de mejoras (viviendas, cultivos, negocios), pago de derechos de posesión e indemnizaciones con asistencia técnica y legal de acuerdo con la Ley 56 de 1981.

### **Alteración de la economía regional y local por afectaciones a la producción agropecuaria**

El impacto se presenta específicamente por la disminución de los volúmenes de producción agropecuaria que dejarán de producirse en las áreas requeridas por el proyecto.

La disminución de actividades comerciales, especialmente transporte (tanto de insumos como de productos), así como de compra y venta de insumos y productos, afectando negativamente a la población cuya actividad productiva está directamente relacionada con el comercio de insumos y compra de productos (transportadores, comerciantes, etc.).

Disminución de la producción de alimentos de origen agropecuario a nivel local, que surten las plazas de Betulia, Zapatoca, San Vicente de Chucurí, Girón, Lebrija, Barrancabermeja y Bucaramanga, en 8577 toneladas de cítricos<sup>1</sup>, 341 toneladas de plátano, 168 toneladas de yuca, 488 toneladas de papaya, 49 toneladas de aguacate y 125 toneladas de maíz como los mayores volúmenes.

Pérdida de 216 toneladas de pescado que son extraídas anualmente por los pescadores residentes en la zona de El Tablazo (12 parejas), dentro de la zona de embalse, que se comercializan en el sitio El Tablazo para los mercados de San Vicente, Lebrija y Floridablanca.

Desplazamiento de 126.695 jornales que representan 528 empleos, ocupados actualmente en la explotación agropecuaria.

### ***Medidas de Manejo del impacto***

- Restablecimiento de las Actividades Económicas

Implica lo siguiente:

- Restitución de predios.
- Adecuación de predios.
- Desarrollo de plan de producción.
- Capacitación orientada a la producción, la comercialización y a la agroindustria, y a la organización para el manejo de la producción y la comercialización.

### **Alteración de los servicios ecosistémicos del Río Sogamoso aguas abajo del sitio de presa**

El impacto se refiere al cambio de las condiciones ecosistémicas del bajo río Sogamoso, que afecta los servicios que proporciona y que sirve para el desarrollo de un conjunto importante de actividades económicas básicas y de subsistencia, que deben entenderse como mecanismos de subsistencia que han elaborado como formas culturales de vida de los grupos de población ribereña localizados a lo largo del río Sogamoso.

Específicamente las alteraciones producidas, están asociadas a los cambios rápidos en el nivel y la velocidad de las aguas los cuales conllevan, a su vez alteraciones en las respuestas naturales de los peces, en la productividad general del sistema y en los ámbitos económico, social y cultural de las poblaciones que tradicionalmente, y de forma diversa, han hecho uso de los servicios de ese ecosistema en pesca y agricultura de pancoger que realizan los campesinos en vegas, riberas y bordes y en islas

### ***Medidas de Manejo del impacto***

Muchas medidas tomadas en el aspecto físico-biótico, contribuyen en gran manera a la mitigación de éste impacto. Sin embargo se realizarán además las siguientes actividades para mejorar el nivel de vida productiva de los pobladores de la zona:

### Con Pescadores

- Apoyo a la consolidación del proceso organizativo de los pescadores artesanales en cada sector y en toda la zona baja.
- Capacitación y conocimiento de los manejos Técnicos y Bióticos Previstos
- Definición conjunta de las acciones a seguir para que se alcancen las metas de los manejos técnicos y bióticos.
- Empleo en el desarrollo de las actividades de manejo aguas abajo.

### Con Agricultores

- Seguimiento durante construcción y primeros años de operación a las actividades de agricultores de vegas, riberas, bordes e islas.
- Evaluación de la calidad del suelo en bordes, riberas, bordes e islas con muestreos en distintas zonas en donde se adelanten actividades de agricultura de pancoger durante la construcción del proyecto y durante la operación de la central.

## **Generación de conflictos y expectativas**

El Proyecto Hidroeléctrico del Río Sogamoso generará un escenario con características distintas a las conocidas previamente, y en ese proceso posiblemente potencializará y generará una serie de conflictos y expectativas con las comunidades del entorno y frente a los cuales es necesario introducir con anticipación las acciones de información y participación requeridas.

Algunos de los conflictos preexistentes son:

- Los ocasionados por la competencia en la utilización y obtención de recursos naturales como agua, suelo, arenas y peces.
- El que se presenta por la búsqueda del control político de poblaciones o de territorios.

Además, pueden desencadenarse acciones reivindicativas para satisfacer tanto sus intereses personales como de grupos particulares o de las comunidades afectadas.

Se pueden dar reclamos y acciones como paros, marchas con las cuales se pretenda presionar a los contratistas y propietarios del Proyecto.

Darse sabotaje al Proyecto, lo cual ocasionaría suspensiones temporales o retrasos en los programas de construcción, provocando incrementos o sobrecostos importantes.

### ***Medidas de manejo***

- Programa de Información y Participación.
- Programa de Educación Ambiental
- El conjunto articulado del PMA (Plan de Manejo Ambiental).
- Programa de Seguimiento y Monitoreo

### **Alteración del tráfico vehicular por la vía Bucaramanga – Barrancabermeja**

Al transportar personal al sitio de obras se incrementará el tráfico vehicular y especialmente en la ruta Bucaramanga - Girón – Lebrija a la zona de obras.

Al transportar los equipos y maquinaria al sitio de obras, la vía en su trayecto desde Barrancabermeja al sitio de presa se afectará con el peso de los mismos.

Con el transporte y tratamiento de material de construcción en el área del Proyecto, el trayecto de la vía entre La Fortuna y La Renta se afectará por el incrementando del tránsito vehicular, la posible caída o abandonando de material o residuos sobre la vía y finalmente deteriorando su estado y ocasionando suspensión leve y temporal con los traumatismos a los usuarios de las vías.

### ***Medidas de manejo del impacto***

- Apertura de vías internas para el proyecto en el área de obras.
- Adecuación de la vía para el traslado de maquinaria pesada.
- Señalización adecuada de la vía, en la zona del proyecto.
- Establecimiento y control de horarios de transporte de personal.
- Reglamentación interna para vehículos y su movilización.
- Capacitación de conductores.
- Coordinación Interinstitucional
- Información y Participación Comunitaria

**(Fuente:** INGETEC S.A. ACTUALIZACIÓN DE DISEÑOS PARA LA LICITACIÓN Y EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO SOGAMOSO).

A decir verdad, este proyecto complementa muy bien al departamento haciéndolo sobresalir en el país como una potencia tanto en el sector minero como energético, pero aún el impacto social no está muy claro para los habitantes.

Los pescadores están muy preocupados, sobre todos los que viven en el sector de la ciénaga El Llanito, ya que dicha ciénaga que les

permite el sustento diario y produce cerca del 26% de la producción total de pesca registrada en el Magdalena Medio, sufrirá el mayor de los impactos ambientales que generará la construcción del proyecto.

*“Para nosotros es muy preocupante la situación de la ciénaga El Llanito. Tememos que prácticamente se acabe la cultura pesquera y por tanto nuestro corregimiento. Hoy, que estamos en verano, la profundidad es de 40 centímetros, no sabemos qué pasará cuando se desvíe el caudal del río, ya que el agua que entra a la ciénaga es del Sogamoso y nosotros dependemos de este río”, afirmó Myriam Gutiérrez, representante de la Asociación de Pescadores del Magdalena Medio, Asopesamm. (Fuente: vanguardia.com/04 de feb de 2009)*

Este proyecto ha generado mucha polémica entre la comunidad afectada, ya que la principal actividad económica de la región es la agricultura, y la mayoría de las haciendas productoras van a quedar consumidas bajo el agua.

Los propietarios de los predios los venderán al proyecto a un precio pactado, y considerablemente beneficioso; pero ¿qué harán los campesinos que labran la tierra en esas zonas?

“Nos preocupa que nos hablen de proyectos alternativos, porque eso sería emplearnos en otro tipo de trabajos y oficios, que no desempeñamos” manifestaron algunos campesinos.

Ahora que el proyecto se encuentra en ejecución y que algunas tierras ya han sido adquiridas por el proyecto, los ex-campesinos han sido contratados como obreros y muchos de ellos han alzado sus voces en protesta porque en primera instancia los han obligado a cambiar de actividad económica, los han puesto a realizar actividades desconocidas para ellos lo cual hace que su trabajo sea más difícil y por encima de todo la remuneración no es la más justa. “Les están pagando una miseria” afirmó la Claudia Ortiz - coordinadora de la Constituyente de Betulia- en la Semana de Medio Ambiente/ UIS-Marzo de 2009.

Emplear a los campesinos tal vez sea una forma de argumentar que los ellos se están beneficiando, que el proyecto no los está dejando sin trabajo; y cambiarles las actividades laborales no produce mucha satisfacción en la comunidad, pero en últimas todo cambio, trae sus consecuencias negativas así que hay que afrontarlo. Esta situación podría ser asumida por la comunidad si existiera una respuesta al interrogante: “El proyecto puede que resulte en mano de obra muy bueno hasta el 2014, pero de ahí en adelante ¿Qué pasará? ¿Qué

harán los campesinos sin tierras para labrar, y sin proyecto para construir?”.

Toda la comunidad se ha unido para que su voz sea escuchada. En Marzo de 2008, en varios municipios de Santander como cerrito, Sucre, Landázurri y Betulia conformaron la Constituyente Social Comunera la cual ha permitido conformar comités de apoyo en los demás municipios de Santander, para desarrollar una comprensión integral de los diferentes megaproyectos que se realizan en la región, mostrando claramente los impactos que están causando en las personas, el ambiente, el patrimonio natural y ambiental.

El impacto social que se ha generado con este proyecto, ha sido altamente negativo y la comunidad se encuentra inconforme porque sienten vulnerado el derecho territorial de las comunidades cuando el gobierno ha declarado de utilidad pública las 7000 hectáreas que necesita el proyecto; dejándole a los dueños solo la posibilidad de venderlas o venderlas, y esforzarse por conseguir un mejor precio del cual ellos están seguros que no compensará la fuente de vida, árboles, biodiversidad, fabrica de oxígeno y agua, hogar de aves y muchas otras especies de animales nativos que tiene la región.

Todo esto empeoró cuando se conoció que el área del proyecto se extendió a tres veces más el área requerida inicialmente dando un total aproximado de 21400 hectáreas.

Lastimosamente estas tierras de Santander van a ser eliminadas por un “Dinosaurio Moderno” que devastará los buenos campos, la caña, el cacao, plátano, yuca, maíz, frutales y toda la fauna que en ellos habitan.

Por otra parte existen aspectos externos que resultan preocupantes y generan mucha expectativa, por ejemplo, que después de iniciada la crisis mundial ISAGEN, la empresa que ejecuta el proyecto Hidrosogamoso, al parecer está en venta y el número de compradores ha bajado mucho en comparación a cuando no estaban interesados en venderla; sin embargo algunas pocas empresas privadas están interesadas en la adquisición pero sin Hidrosogamoso. Uno de los motivos era la dificultad para conseguir los 2.3 billones de pesos que costaba el proyecto y que ahora cuesta 3 billones; así que se da por supuesto que está mucho más difícil la negociación.

Por otro lado, la justificación de este proyecto es suplir las necesidades del incremento de la demanda de energía eléctrica entre los años 2010 y 2020, pero según los reportes de la UPME

(Unidad de Planeación Minero Energética) la demanda tiende a bajar desde el año 2007.

Será que este proyecto tiene futuro? Podrá ISAGEN responderles económicamente a las personas desplazadas, a las que se les han quitado sus fuentes de trabajo? El miedo de la comunidad es tener el destino de los damnificados por el proyecto URRÁ 1 a quienes nunca les cumplieron las promesas.

### **9.3 OTROS EJEMPLOS EN COLOMBIA**

#### **9.3.1 Urrá I y II**

La Central Hidroeléctrica URRÁ I está localizada al noroccidente de Colombia, sobre el Río Sinú cerca al Municipio de Tierralta en el Departamento de Córdoba. Su principal fuente de abastecimiento de agua es el Río Sinú y sus afluentes, que nacen en el Parque Nacional Natural Paramillo.

Tiene una capacidad instalada de 340 MW distribuida en cuatro turbinas, de 85 MW cada una, con energía firme de 715 GWh anuales y energía media de 1.275 GWh anuales. Este proyecto fue construido por la empresa ISA S.A. y se inició en julio de 1993, y a partir del 15 de Febrero del 2000 la empresa inició su operación comercial con la puesta en servicio de la primera unidad de la Central Hidroeléctrica URRÁ I.

El embalse inundó 7400 hectáreas y costó 800 millones de dólares (1.6 billones de pesos) que fueron financiados por la banca mundial.

#### **Beneficios**

- Amortiguación de crecientes motivadas por grandes precipitaciones presentadas en el Parque Nacional Paramillo, localizado aguas arriba del Embalse
- Mejoramiento de la calidad de vida en la población movilizada
- Generación de empleo
- Saneamiento en los Territorios Indígenas
- Impulso al desarrollo de una cultura ambiental en la cuenca

Pero realmente el proyecto solo le trajo graves problemas a la comunidad indígenas Embera Katíos y pescadores y campesinos de la zona.

Se produjo una reducción en la pesca, inundación de tierras fértiles y sitios sagrados, desplazamiento de miles de personas, deterioro de la fauna y la flora, problemas para la navegación fluvial, entre otros. A esto se suma el reporte de algunos estudios que concluyen que *“la mayoría de los beneficios prometidos a la comunidad no se han cumplido, y las familias desplazadas viven actualmente en condiciones menos favorables”* (Fuente: Universidad del Sinú/2008).

Los indígenas Embera Katíos se enfrentaron a la empresa porque quedó exterminada la pesca y la comunicación fluvial entre el alto Sinú y la sabana cordobesa.

Varios expertos advirtieron sobre los graves efectos que este proyecto traería, uno de ellos fue el profesor universitario Alberto Alzate, quien escribió el libro *"El impacto social de Urrá"*, donde mostraba realmente a cuales cambios se enfrentaba la comunidad. Pero Alzate fue asesinado en 1996, por decir la verdad.

Lo mismo le pasó a Mario Calderón quien era un sacerdote jesuita que trabajaba en Tierralta. Él dejó el sacerdocio pero continuaba con su vocación de ecologista y dictaba charlas en contra de la represa de Urrá, y 33 días después de haber dictado la última, fue asesinado junto con su esposa y su suegro.

Otro cura que trabajaba con él, Sergio Restrepo también corrió con la misma suerte. Es muy triste ver como se solucionan en nuestro país las incógnitas que surgen por el futuro del medio ambiente y la sociedad debido a la construcción de un macroproyecto, y la incapacidad de las empresas ejecutoras para responder positivamente ante los cuestionamientos respectivos porque en primer lugar priman los intereses económicos individuales y la inversión que se requiere para medio solucionar los daños ambientales es muy alta, y en segundo lugar es muy complicado solucionar ese tipo de preguntas, porque este tipo de proyectos genera impactos irreversibles.

Los indígenas sabían que el proyecto le traería grandes consecuencias negativas a su pueblo, pero al ver esta situación de violencia, tuvieron miedo y callaron. Sin embargo asistieron a las

primeras consultas y les prometieron que el pescado no desaparecería pero las estrategias planteadas no convencían al pueblo indígena.

Se unieron como organización e interpusieron una acción de tutela, y como el fallo fue a favor, llegaron las represalias y algunos dirigentes indígenas fueron asesinados y algunos grupos de la cuenca del río Sinú fueron amenazados.

Después de muchos diálogos, algunas comunidades de los Embera Katíos aceptaron ceder sus tierras a cambio de un poco de dinero, y esto se transformó en alcoholismo, en drogadicción, en maltrato intrafamiliar, en mujeres abandonando sus hogares por causa de sus esposos borrachos; en fin esto ocasionó un verdadero desastre cultural.

La mayoría de los cabildos proponían un renacimiento cultural, para el cual necesitarían áreas muy fértiles. Ellos reclamaron todo dentro del criterio ordenado por la Corte, siguiendo el Convenio 169 de la OIT, que dice que los indígenas deben participar de los supuestos beneficios de estas obras y no solamente de los perjuicios. También la Constitución dice que la explotación de recursos naturales en territorio indígena no puede ir en perjuicio de la integridad cultural, social y económica de los pueblos indígenas. Pero la respuesta a su petición fue: "No se puede aceptar el precedente, porque afectaría los futuros negocios del sector eléctrico".

Detrás de todo esto está un oscuro juego económico en el cual los jugadores están dispuestos a ganar a costa de todo. Las electrificadoras de la Costa Caribe colombiana, para las cuales se creó Urrá, son hoy todas privadas, propiedad de un consorcio manipulado por la transnacional estadounidense Reliant, de Texas.

Otra empresa de este tipo y también en Texas es la ENRON. Ambas se caracterizan por combinar el negocio del gas con el de la electricidad, en todo el continente. ENRON controla la electrificadora de Colón (Panamá) en Pleno Canal Interoceánico y para allá esperaba llevarse el gas que se explota en el mar de la Guajira colombiana, bajo operación de la Texas Petroleum.

ENRON está asociada con la Shell en un gigantesco gasoducto para sacar el gas de las selvas de Bolivia.

La alianza entre la Shell y la Texas Petroleum es de público conocimiento. Tiene por objeto competir con las fusionadas BP-Amoco y Esso-Mobil. ENRON y Reliant hacen parte pues de este juego de Shell y Texaco, siendo el as bajo la manga para el aprovechamiento de nuestro gas.

Los indígenas siguieron luchando, hicieron marchas hasta la capital pidiendo atención en el Ministerio del Medio Ambiente, pero fueron desalojados por la policía sin importar los 700 kilómetros que tuvieron que recorrer hasta Bogotá.

Este conflicto duró mucho tiempo, y al final llegaron a acuerdos los cuales supuestamente se han presentado así:

- **Cancelación de mesadas de indemnización.** A cada indígena el resguardo y a los niños nacidos a partir del mes de junio de 1999, fecha en la que se iniciaron los pagos: durante el año 2008 se giraron un total de \$10.185'442.274, distribuidos así:
  - \$3.485'488.020 para beneficiar a 2083 indígenas pertenecientes a los sectores de los ríos Esmeralda y Fracciones del Sinú.
  - \$6.699'954.254 que beneficiaron a una población aproximada de 1984 indígenas pertenecientes al sector de Río Verde e Iwagadó. Aquí se incluyen recursos que se les adeudaba a estas comunidades por concepto de sus mesadas de los años anteriores.

En total, entre los años 1999 y 2008 se han girado \$50.726'224.921. Durante el presente año 2009 se han girado \$2066.625.559 para beneficiar a una población proyectada de 4192 indígenas.

- **Proyectos de seguimiento alimentario.** Con base en los acuerdos suscritos el 8 de abril del año 2005 en el marco de la asamblea permanente instalada por los cabildos mayores de río Verde y Sinú, actualmente se ejecutan proyectos de seguridad alimentaria y fomento a la producción agrícola, pecuaria y piscícola, apoyados en un componente de adquisición de tierras para el montaje de estas parcelas y un componente administrativo.

En total se aprobaron \$7000 millones adicionales, de los cuales se han ejecutado \$5570.644.702 quedando un saldo para ejecutar en el 2010 de \$1429.355.298.

(Fuente: <http://www.urra.com.co/CompComun.EmbeKatio.php>).

Sin embargo ya mencionamos el estudio hecho por la Universidad del Sinú y al parecer aun no les han cumplido a los indígenas. Tampoco se ven las 300.000 hectáreas que se iban a recuperar para la agricultura, no existe ningún turismo ecológico en la zona de influencia; un estudio de la Fundación del Sinú revela que se han secado 80 hectáreas de bosque húmedo, además los bocachicos no pudieron seguir reproduciéndose aguas abajo ¿No prometieron que no se perdería la pesca? A la empresa Urrá S.A. solo le importo la comercialización de la energía y no le importó la gente, quienes fueron los más afectados. Tampoco hubo energía para todos como decía el slogan, porque la capacidad instalada del proyecto es solo el 3% de la nacional. Aquí es preciso reflexionar en un pensamiento de la tribu Embera Katíos que dice: *“Karagabí (el Creador) le dio el agua al mundo, para que la egoísta hormiga Jenzerá no la monopolizara. Por eso, del Jenené (árbol grande), del bosque, hizo salir el agua para que la gente, los peces y los animales beban y vivan”*.

Hasta qué punto el gobierno y nosotros los ingenieros civiles, estamos siendo Jenzerá? Pues la respuesta la encontramos en Urrá II.

A pesar de tan negativo balance, el gobierno actual pretendía inundar zonas de un parque Nacional, como es el Paramillo, con el proyecto Urrá II, que afortunadamente fue declarado no viable por el Ministerio del Medio Ambiente.

Analizando los resultados de Urrá I, con este proyecto (Urrá II) se estaría contribuyendo a que el Valle del río Sinú aumente su miseria. Se terminará de acabar con los pocos pescadores que quedan y con el remanente de los Embera Katíos.

La justificación del proyecto era principalmente el control de inundaciones que no pudo detener Urrá I. El ministro de minas y energía ante las razones dadas para la no construcción dijo: “No

podemos retrasar el desarrollo del país por posiciones ambientalistas”. (Fuente: El Espectador/01-12-07).

Con la construcción de Urrá II se tendrían que deforestar 70.000 hectáreas de selva húmeda en el nudo del Paramillo, así que al no existir la cobertura vegetal que amortigua la escorrentía, la erosión fluvial se duplicará y por lo tanto el sedimento en el río será peor. Además, los taludes se desplomarán porque absorberán mucha agua de la lluvia lo que les representa un sobrepeso.

Si se hubiese otorgado la licencia ambiental al proyecto Urrá II, el Valle del río Sinú, después de haber sido considerado uno de los más fértiles del mundo antes de Urrá I, pasaría a ser un valle improductivo y muerto.

### **9.3.2 EMBALSE EL QUIMBO**

El proyecto resultó de la previsión que se hizo de la disminución de la producción de energía en el embalse de Betania, que ocurre por la acelerada sedimentación del lecho del río. Así la empresa hispano-chilena Emgesa, que es la propietaria de Betania, es la responsable de la construcción del proyecto el Quimbo.

Este proyecto es el primero que se vende por nuestro gobierno bajo el esquema de “subasta por cargo de confiabilidad” que garantiza que Emgesa tendrá un ingreso fijo independientemente del comportamiento del mercado reduciendo así el riesgo de su inversión. Este ingreso fijo se hará por un período de 20 años.

El proyecto vale 700 millones de pesos y tendrá capacidad para generar 400 megavatios, el 5% de la demanda eléctrica nacional, y se inaugurará en el AÑO 2014. Tendría una longitud de 55 kilómetros e inundará 8.800 hectáreas de las cuales 5300 están en producción.

A la población del Huila, se les fue contando las cosas poco a poco y de una manera casi secreta, porque realmente la hidroeléctrica tendría la función exclusiva de producir energía para exportarla al Ecuador, Centroamérica, Santo Domingo y Puerto Rico.

Hasta el momento poco se conoce de los impactos que generará la hidroeléctrica, pero por ahora el impacto social es el más notorio por

la compra de predios y por la reubicación de 800 familias que viven en el sitio de inundación.

La empresa financiará la instalación de una base del ejército en lugares cercanos, y se prepara la construcción de estaciones de policía especialmente del para el Escuadrón Móvil Antidisturbios porque se prevé una gran agitación social.

En pocas palabras, la represa El Quimbo solo servirá para dos cosas: salvar a Betania y exportar energía eléctrica.

Los efectos negativos son más claros para la gente de la región, y cada día las manifestaciones de protesta son más críticas; el gobierno empieza a dar explicaciones y argumentos que quedan inválidos con la experiencia de Betania y los demás embalses del país.

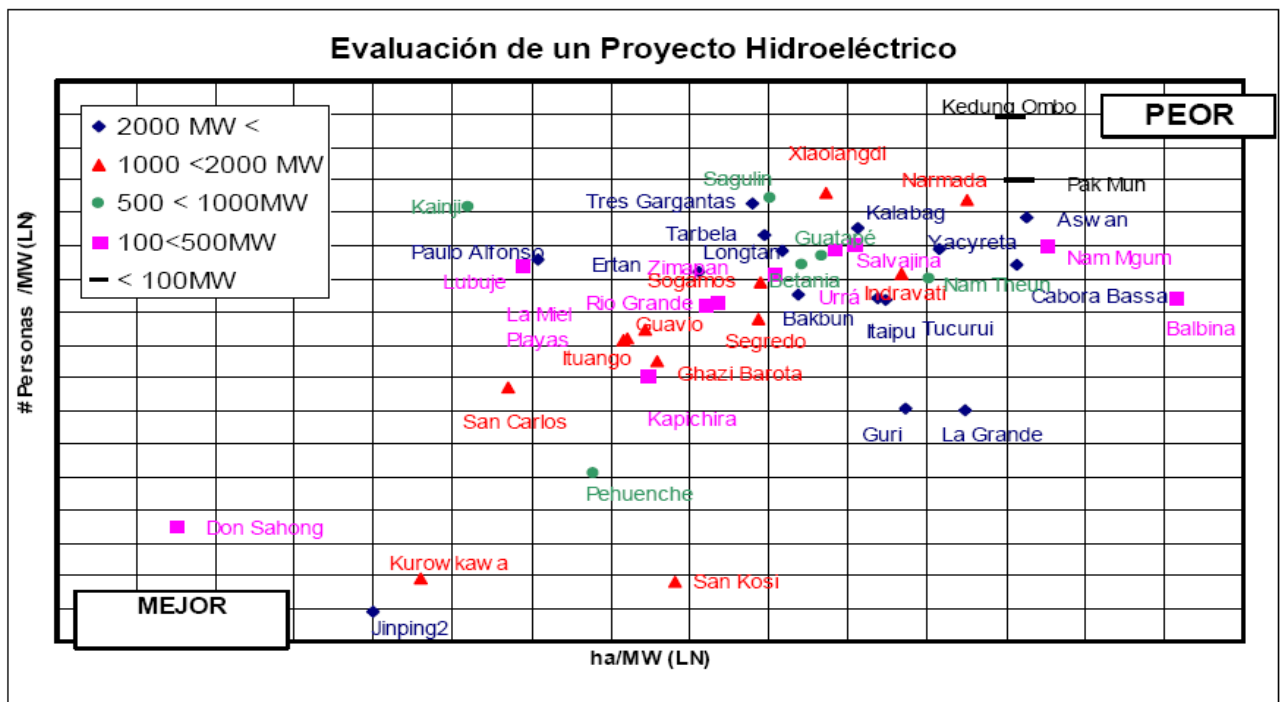
La región sufrirá consecuencias con un proyecto que no se utilizará por los colombianos, y después de estudiar varios ejemplos nos resulta casi imposible pensar que las consecuencias no afectaran terriblemente el ecosistema. Lo más irónico de esto, es que nos estamos suicidando para que otros países vivan; y no se trata de que no se aprovechen los recursos, pero nos gustaría ver que harán los corruptos que pasan por encima de personas y por encima de Dios manifestado en la naturaleza, con el dinero cuando no haya nada que comer, si es que alcanzamos a estar vivos para entonces.

## **10. Metodologías Desarrolladas para Evaluar la Sostenibilidad de los Embalses**

### ***10.1 Metodología Desarrollada por Robert Goodland***

El autor de esta metodología propone graficar en el eje de las abscisas la relación entre área inundada y capacidad instalada (ha/MW) y en el eje de las ordenadas la relación entre el número de personas reubicadas y la capacidad instalada (No. Personas / MW), para determinar que tan bueno es un proyecto de generación hidroeléctrica. Según el autor, los proyectos buenos se encuentran en la parte inferior izquierda de la gráfica, mientras que los malos tienden a ubicarse en el extremo superior derecho. Esto se debe a que en los mejores proyectos (desde este punto de vista) el área inundada y el número de personas reubicadas es bajo al compararlo con la capacidad instalada del proyecto.

Este enfoque es un poco sesgado, porque sólo tiene en cuenta los embalses que incluyen la generación hidroeléctrica dentro de sus objetivos. Además, no permite establecer cuál es el mejor proyecto entre aquellos con la misma abscisa (y ordenadas cercanas). La figura muestra la gráfica que se obtiene.



Esta figura es una herramienta para comparar proyectos, pero no es del todo confiable, porque si se observa con cuidado, se ve que Urrá es “mejor” que Itaipú, siendo que esta última es 18 veces más grande en cuanto a área inundada y tiene una capacidad instalada 37 veces mayor.

## **10.2 Metodología Propuesta por T. Vladut**

Esta metodología sirve para complementar la que se presentó en el numeral anterior, ya que este autor evalúa la efectividad del uso de la tierra, teniendo en cuenta la capacidad instalada y el área inundada.

El autor propone esta comparación, ya que según él, el uso de la tierra es el parámetro que más se va a afectar con la construcción de un embalse. Los criterios de evaluación son:

MW/Km<sup>2</sup> Uso de la Tierra Color del Punto (Siguiendo figura)

> 100 Excepcional Verde

100 – 1 Muy bueno Amarillo

10 – 1 Bueno Anaranjado

> 1 Menos Eficiente Rojo

Al aplicar este criterio a los embalses analizados en el numeral 4.1, se observa que aquellos que tienen un uso excepcional de la tierra se localizan en la parte inferior izquierda, mientras que los que la utilizan de manera menos eficiente se ubican en el extremo superior derecho. La figura siguiente muestra esquemáticamente y por colores este análisis.

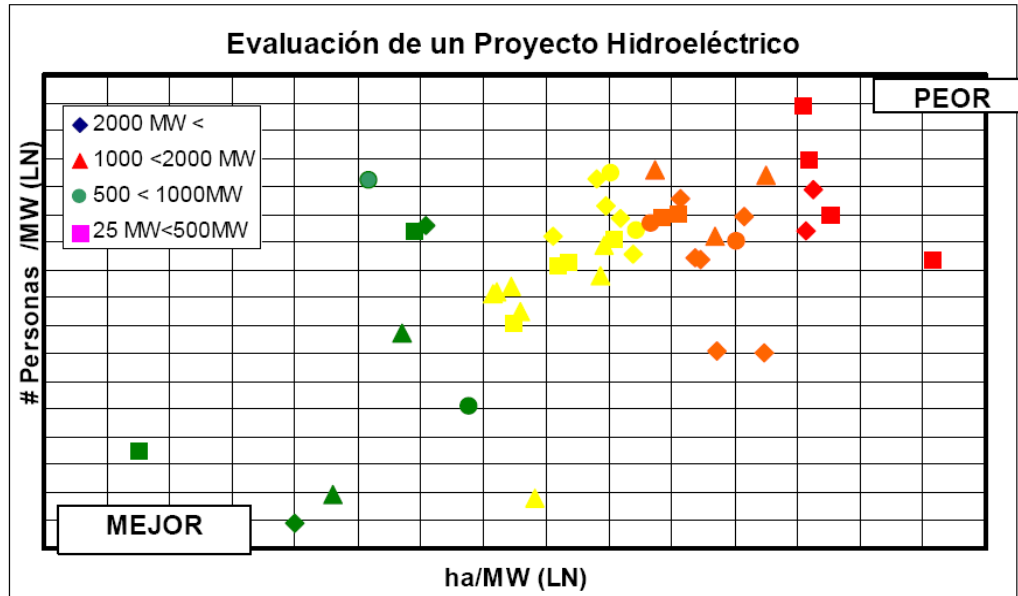


Figura : Evaluación un de Proyecto Hidroeléctrico Teniendo en Cuenta el Uso de la Tierra

De la figura 2 también se observa como los proyectos que tienen el mismo nivel en cuanto al uso de la tierra se agrupan, que es lógico si se tiene en cuenta que se está evaluando el mismo parámetro (área inundada y capacidad instalada).

### 10.3 Criterios de la International Association of Hydrological Sciences (IAHS)

Los criterios que propone esta organización están divididos según las diferentes etapas del proyecto, teniendo en cuenta las diferentes características de las mismas.

#### Etapas

Planeación y diseño  
 Construcciones  
 Operación y Mantenimiento

#### Características

Técnicas  
 Económicas  
 Sociales  
 Ambientales  
 Equidad  
 Eficiencia

Lo que se busca con estos criterios es alcanzar la sostenibilidad del proyecto a lo largo de las diferentes etapas que lo componen. En este enfoque se observa la integración existente entre todas las

condiciones que se ven afectadas por el embalse. Vale la pena mencionar que las características de equidad se refieren a las consideraciones que se tengan con las generaciones actuales y futuras, en cuanto a la disponibilidad de recursos, en cuanto a cantidad y calidad, de manera tal que puedan maximizar el beneficio derivado de su utilización. La eficiencia representa la escogencia de la alternativa que genere el mínimo impacto a lo largo de todo el proyecto.

Es importante tener en cuenta dentro de este análisis la importancia que se le da a las personas que se van a ver afectadas por la construcción de un embalse, en especial si pertenecen a minorías étnicas y sociales. Estas personas deben ser tenidas en cuenta a lo largo de todo el proceso de toma de decisiones, para que se llegue a acuerdos a través del consenso y no de decisiones arbitrarias y unilaterales.

#### ***10.4 Criterios de World Commission on Dams***

Esta organización, a través de su última publicación ("Dams and Development. A New Framework for Decision Making") evalúa la situación de los embalses existentes en el mundo, al mismo tiempo que busca justificar la construcción de presas con alturas superiores a 15 metros. Para lograrlo, define algunos conceptos que deben tenerse en cuenta en el momento de buscar la sostenibilidad de los proyectos.

Los puntos propuestos en este análisis son: igualdad, eficiencia, proceso de toma de decisiones que tenga en cuenta a todos los afectados y responsabilidad. Estos principios son de especial importancia en las etapas de planeación y diseño, cuando se toman la gran mayoría de decisiones del proyecto. Por esta misma razón intervienen distintos grupos de personas, con intereses particulares, quienes finalmente van a decidir sobre el futuro del proyecto. En la actualidad es fundamental que estas decisiones se tomen de manera tal que causen el mínimo efecto y donde haya una gran participación sobretodo de las personas afectadas negativamente.

Con todo esto lo que se busca es alcanzar un punto de equilibrio entre los decisores y las personas afectadas, para que los primeros escojan la alternativa de mayores beneficios de la forma más justa posible.

### **10.5 Selección de Indicadores para Determinar la Sostenibilidad de los Embalses**

La escogencia de los indicadores para determinar la sostenibilidad de los embalses se hizo teniendo en cuenta las metodologías descritas anteriormente. Se decidió dividirlos por etapas y según las características, siguiendo un poco el enfoque propuesto por la

IAHS, porque es una forma clara de analizar las diferentes etapas de un proyecto que incluya un embalse teniendo en cuenta la relación existente entre las diferentes características.

Vale la pena mencionar que los indicadores que se presentan a continuación son cualitativos, ya que en ocasiones la información disponible no permite hacer análisis más detallados. Lo ideal para determinar la sostenibilidad de un embalse sería generar una base de datos teniendo en cuenta las siguientes tablas, para así poder establecer criterios de comparación entre diferentes proyectos.

**Indicadores Económicos para Determinar la Sostenibilidad de un Embalse**

<b>Indicador/Etapa</b>	<b>Planeación y Diseño</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación y Mantenimiento</b>
<b>Económicos</b>	Uni o multipropósito	Generación de empleos.	Regalías y transferencias
	Cambios en la productividad de la zona.		Asignación eficiente y flexible de los volúmenes para evitar usos conflictivos y satisfacer las necesidades de los usuarios.
	Generación hidroeléctrica para aumentar los beneficios del proyecto.		Beneficios derivados de la producción de energía.

**Indicadores Ambientales para Determinar la Sostenibilidad de un Embalse**

<b>Indicador/Etapa</b>	<b>Planeación y Diseño</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación y Mantenimiento</b>
<b>Ambientales</b>	Necesidad de hacer un estudio de impacto ambiental.	Mantenimiento de la calidad del agua.	Caudales descargados semejantes a los reales.
	Efectos del proyecto sobre la cuenca a corto, mediano y largo plazo.	Reubicación de plantas y animales.	Regulación de caudales.
<b>Ambientales</b>	Escogencia de la alternativa de mínimo impacto.	Rescate de plantas y animales que pueden quedar atrapados en las islas.	Manejo integrado y a largo plazo de la cuenca.
	Usos del suelo.	Reforestación.	Monitoreo permanente de los impactos sobre la fauna y la flora.

**Indicadores Sociales para Determinar la Sostenibilidad de un Embalse**

<b>Indicador/Etapa</b>	<b>Planeación y Diseño</b>	<b>Construcción</b>	<b>Operación y Mantenimiento</b>
<b>Sociales</b>	Existencia de un marco legal que asegure políticas de desarrollo basadas en los derechos de los habitantes tengan un respaldo.	Cambios en la composición social de la zona.	Efectos de la regulación de caudales sobre la productividad de la zona.
	Proceso de negociación que incluya a todas las personas afectadas, sobretodo a las más vulnerables.	Información permanente sobre los trabajos que se adelantan.	Mantenimiento del recurso pesquero.
	Consenso en la toma de decisiones.	Iniciación de los planes de reasentamiento.	Condiciones de vida de las personas reubicadas.
	Existencia de planes de reubicación / compensación.		Cumplimiento de los planes de relocalización.
	Conservación del patrimonio histórico y religioso.		
	Claridad en las consideraciones para las generaciones actuales y futuras.		

Vale la pena mencionar que en su mayoría los indicadores que se encuentran en las tablas tienen un alto componente social, ya como la definición de desarrollo sostenible lo sugiere, es necesario buscar

un equilibrio entre el bienestar de las generaciones actuales y el de las generaciones futuras.

### **10.6 Aplicación de los Indicadores a un Embalse Colombiano**

Como caso de estudio se escogió el embalse de Urrá, por toda la controversia que ha generado su construcción. Este proyecto ya ha sido descrito en páginas anteriores.

A continuación se resumen brevemente los indicadores aplicados a este caso en particular.

- El proyecto es multipropósito: genera hidroelectricidad y sirve para el control de crecientes del Río Sinú.
- Tiene un estudio de impacto ambiental, además de la necesidad de contar con dos licencias ambientales: una para la etapa de construcción y otra para las etapas de llenado y operación.
- Los beneficios del proyecto van a ser compartidos tanto por las personas que habitan la zona, como por los colombianos en general, al contar con 340 MW adicionales.
- Hubo una compensación de 12 848 ha porque el embalse inundaba 417 ha dentro de un resguardo indígena, es decir que se les dieron a los indígenas 30.81 ha por cada hectárea inundada.
- Con el fin de preservar el recurso íctico (del cual depende gran parte de la población para subsistir) se creó un Plan de Ordenamiento Pesquero. Además, se cuenta con planes de monitoreo permanentes para evaluar la cantidad y tamaño de los peces.
- Se aumentó en 340 MW la capacidad instalada del país.
- El proyecto tiene un aprovechamiento “Bueno” de la tierra inundada (Vladut, 1997), ya que posee 4.6 MW / Km<sup>2</sup>.
- De los embalses colombianos evaluados, Urrá es el que tiene la mayor proporción entre área inundada y capacidad instalada, siendo 21.76 ha/MW.
- El proceso de negociación que se llevó a cabo se hizo por separado con las diferentes comunidades indígenas, para conservar la individualidad de cada una de ellas.

- Las personas afectadas (7268 en total), se compensaron con dinero o a través de reasentamientos.
- Hubo un aumento en el nivel de vida, al incrementar la cobertura de los servicios de salud y educación en la zona. También al tecnificar las actividades tradicionales de sustento, aumentando sobretodo la productividad agrícola.
- Existe un plan para reforestar 10 000 ha con especies nativas en un período de 10 años.
- La operación del proyecto debe garantizar un caudal ecológico para conservar el ecosistema de manglar y la estabilidad de la cuña salina, así como los ciclos de reproducción de las especies de peces.

Al aplicar los indicadores al embalse de Urrá, se puede concluir que el embalse *parece ser* sostenible. No sería válido decir que sí lo es, porque no hay proyectos contra los que se pueda comparar. Esto se podría hacer si se contara con una base de datos de embalses colombianos con características similares. Sin embargo, este proyecto cumple con los siguientes criterios:

**Igualdad Inter e Intra Generacional:** El proyecto tiene en cuenta las necesidades de las generaciones actuales y futuras, al darles prioridad a las personas. Esto se puede ver a través de los programas de reasentamiento que tuvieron en cuenta a las personas como comunidad y no como individuos. Además la existencia de planes de mantenimiento y monitoreo del recurso pesquero permite garantizar conservación de la base del sustento de los habitantes de la zona.

**Eficiencia:** El proyecto fue concebido como multipropósito y entre las necesidades que busca satisfacer está la generación de energía hidroeléctrica, aumentando los beneficios. Otro de los objetivos del proyecto es el control de crecientes, logrando una atenuación del pico entre el 58 % y el 51 %, para eventos con probabilidad de ocurrencia entre el 90% y el 5 %. Por último, se puede decir que va a haber un aumento en los caudales medios del río durante la temporada seca, pasando de 50 m<sup>3</sup>/s a 150 m<sup>3</sup>/s.

**Responsabilidad:** A lo largo de todo el proyecto hubo un trato con las personas se iban a ver afectadas directa o indirectamente y de manera positiva y / o negativa. También se tuvo en cuenta a los habitantes de la zona durante el proceso de toma de decisiones y planteamiento de alternativas, así como en la distribución de los beneficios. En cuanto a la responsabilidad con las generaciones actuales y futuras, no se buscó reemplazar los métodos tradicionales de subsistencia, sino mejorar la productividad de las actividades ya existentes.

## 10.7 CONCLUSIONES MÉTODO

Para evaluar la sostenibilidad de los embalses existen diferentes metodologías, basadas en la necesidad de hacer una asignación eficiente de los recursos naturales, con el fin de tanto las generaciones actuales, como las futuras puedan disfrutar de ellos.

Estas técnicas de evaluación no son eficientes al considerarlas de manera individual, porque no evalúan todos los aspectos de la sostenibilidad, y además a veces es difícil determinar el mejor proyecto entre varios con características similares. Por esta razón es necesario combinar los diferentes métodos y así lograr una lista más completa de indicadores, que analicen la sostenibilidad técnica, económica, social y ambiental de los proyectos.

Sería conveniente generar una base de datos para los diferentes embalses colombianos, para aplicarles los indicadores y así contar con una herramienta más de evaluación. El caso analizado, embalse de Urrá, parece ser sostenible, porque se comporta bien con algunos de los indicadores. Sin embargo, no hay proyectos contra los que se pueda comparar y así determinar con certeza su sostenibilidad.

(Fuente: Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental - Ana María Millán Villaneda).

## 11. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)

Una parte muy importante de la gestión Ambiental es aquella que tiene que ver con los Estudios de Impacto Ambiental (EIA.) de los proyectos de desarrollo.

Actualmente en todos los países el estado exige la elaboración de un estudio de impacto previo a cualquier obra. La magnitud de estas obras va desde las más pequeñas como una microempresa, una pequeña fábrica, o una industria casera, hasta las más grandes como son, un embalse, un aeropuerto, un puente o una carretera. Los pasos que hay que seguir son, en su orden:

a) Enterarse muy bien de los detalles técnicos y de procesos del proyecto. Acciones que se desprenden desde el mismo momento de la planeación y el diseño de la obra, durante la construcción, operación y hasta después de la fase terminal del proyecto. Aquí se requiere de sentar desde ya prioridades en cuanto a la importancia de las acciones sobre determinado componente del medio. Con estos datos se pueden trazar perfectamente los objetivos del estudio, abordando el problema con claridad.

b) Paralelamente, o incluso antes del primer punto, se debe realizar lo que se ha dado en llamar la LÍNEA DE BASE o simplemente, línea base. Esta consiste en caracterizar ecológica y socioeconómicamente el medio en donde se irá a construir la obra, y determinar su área de influencia. En otros términos, determinar el estado ambiental del punto de partida de la obra. Sirve tanto para ver la viabilidad del proyecto como la influencia o impacto que puede presentar sobre el medio. Para cumplir el logro de este propósito, es necesario estudiar los suelos, la atmósfera, o el aire y su dinámica (el clima), los cuerpos de agua cercanos, la fauna y la flora, y el conjunto de parte biótica y abiótica como son los ecosistemas y biomas, así como sus relaciones tanto al interior de cada uno de ellos, como entre los mismos. También hay que tener en cuenta las condiciones de los pobladores de la región en cuanto a sus necesidades y servicios básicos, así como en cuanto a sus intereses. Gran parte de estos datos se consiguen a manera de información secundaria, a través de consultas en bibliotecas o por Internet, aunque siempre es preferible visitar directamente el terreno a fin de hacer las correspondientes comprobaciones de campo.

- En cuanto al suelo se debe tener en cuenta principalmente sus características físico-químicas y biológicas, tales como el color, la textura y la estructura, la humedad y la biota de las diferentes bandas u horizontes del perfil, su origen o geología, su geomorfología, su uso actual y su aptitud de uso, con el fin de

determinar los conflictos existentes, y los que se pueden desprender de la realización de la obra. Debido a que el suelo normalmente no es homogéneo, se requiere de la elaboración de una serie de calicatas que abarquen los diferentes parches que puedan existir en el mosaico. Generalmente se encuentran en cada país, estudios detallados o semidetallados de la región, en las oficinas gubernamentales que tienen que ver con la administración del ambiente y sus recursos. También existen normalmente, laboratorios especializados que realizan estas pruebas y otras más específicas que tienen que ver con la naturaleza del proyecto (capacidad de campo para el caso de la agricultura, o resistencia de materiales, para el caso de una construcción, o permeabilidad y presencia de acuíferos y su uso, para una obra que pueda producir contaminación de los suelos.

- Para la atmósfera hay que investigar principalmente parámetros como: La lluvia o precipitación, no solo en su promedio anual, si no, también en su distribución mensual multianual, sus máximos y mínimos, tiempos de aguaceros, etc.

La temperatura, en caracterización un tanto similar a la de la precipitación. Los vientos con su intensidad, y dirección, la "rosa de los vientos", y su dinámica, etc.

Dependiendo del tipo de proyecto, algunas veces puede ser importante tener en cuenta la radiación, la nubosidad, la humedad relativa, la evaporación y la evapotranspiración, y los fenómenos relativos al clima, como son los tornados, la niebla, el rocío, la escarcha, etc.

- En lo correspondiente a la Hidrósfera, se requiere del estudio de la red hídrica aledaña y de las principales características fisico-químicas y biológicas de cada uno de los cuerpos de agua más cercanos como son: la temperatura a diferentes profundidades y sus cambios diurnos, su transparencia o turbiedad, su dureza, la conductividad, su pH, el OD (oxígeno disuelto), así como la DBO (demanda bioquímica de oxígeno), y otras características fisico-químicas como son, la concentración de sales y compuestos tipo fosfatos, nitratos, carbonatos, iones de potasio, sodio, magnesio, etc. Las características hidrológicas como niveles, caudales y su dinámica, casi siempre son importantes cuando se trata de localizar la obra y no tener riesgos de tipo inundaciones, avenidas, arrasamientos, etc. Para casi todos los casos también es importante determinar el estado de los cuerpos de agua subterráneos y su dinámica (ciclo geoquímico).

- El componente biótico hay que empezarlo determinando el tipo y cubrimiento de la cobertura vegetal, para lo cual se deben consultar la cartografía y los mapas temáticos que pudieran existir al respecto. También se debe apoyar esta parte del estudio con fotointerpretación de fotos aéreas e imágenes de satélite, apoyándose

con un buen programa de SIG (sistema de información geográfica). Luego, hay que encausar el estudio hacia la búsqueda de endemismos, direccionándolos hacia su conservación, cualquiera que sea su importancia económica o cultural. Esto con miras a preservar la diversidad y riqueza genómica cuyo potencial aún no es bien conocido. En lugares prístinos (ya quedan muy pocos en nuestro planeta), es muy importante establecer la composición, su distribución espacial (estructura o arquitectura), y las principales interrelaciones, especialmente, aquellas que tienen que ver con el servirse de alimento de otros y ser a su vez alimento de terceros. Cuando se trata de explotar recursos biológicos, hay que tener en cuenta los estudios demográficos o poblacionales de la especie y la comunidad y sus cambios en el tiempo y en el espacio. Lo ideal es construir un modelo dinámico que involucre los principales componentes y sus interrelaciones en los diferentes tipos de ambiente presentes en el área.

- En cuanto a la parte social hay que tener en cuenta principalmente las necesidades de la comunidad, especialmente las condiciones referidas a la vivienda, la educación, la salud, la alimentación, la protección social y los intereses psicosociales, políticos y culturales. Así mismo, es importante la información referente a las comunicaciones y medios de transporte y la infraestructura relacionada con ellos.

c) Luego de haberse establecido la línea base y de tener cierta idea de las características del medio en que habrá de desarrollarse la obra, hay que determinar los impactos que sobre el tendrá las diferentes etapas del proyecto, ya enumeradas anteriormente en el apartado 1) de esta sección. Estos impactos se deben referir al agua, al aire, al suelo, al componente biótico y a las poblaciones humanas. Lo más común es utilizar la matriz de Leopold en la cual se colocan en un lado las diferentes acciones del proyecto y en el otro las distintas variables del medio. En el cuadrado de la intersección, que se ha dividido en dos mitades mediante una línea diagonal, se colocan dos números que van entre 0 y 10, y que corresponden, el uno a la magnitud y el otro a la importancia. Normalmente la estimación de estos dos parámetros, por ser un supuesto, demasiado subjetivo, debe consultarse con los constructores y con otros especialistas que conozcan obras similares. Al final, tanto la sumatoria de las filas como la de las columnas y el producto de multiplicar la magnitud contra la importancia, nos dará una idea de cual es la principal variable ambiental afectada, y por qué etapa del proyecto se verá más afectada. Existen muchos otros métodos de evaluación de los impactos, todos con sus bondades y desventajas, pero tal vez el más exacto es el que parte de una línea base en forma de modelo dinámico.

d) Luego de determinar los impactos, hay que proponer formulas de minimización de los mismos. En esta parte del estudio hay que apoyarse en la experiencia de los Ingenieros Ambientales quienes tienen la tecnología que solución a la mayoría de los efectos perjudiciales. Ej. Chimeneas, filtros, estanques o piscinas de decantación o de enfriamiento, etc.

e) Si los impactos son demasiados y / o su forma de minimizarlos es muy costosa, hay que formular alternativas menos perjudiciales ambiental y económicamente. Para ello generalmente lo más común es el cambio de sitio, el cambio o traslado a un área aledaña que no implique un esfuerzo muy grande, pero que sea efectivo en cuanto a su efecto.

f) Por último, es muy importante el planear un seguimiento o monitoreo de los principales componentes ambientales que se prevé serán afectados por la obra durante las diferentes etapas. Durante estas últimas etapas es muy importante establecer unos cuantos indicadores que nos puedan dar voces de alerta sobre los cambios que ocurran en el medio como efecto de cualquiera de las etapas de la obra.

g) Es importante además, establecer planes de contingencia para proteger tanto al proyecto como al entorno y sus gentes, de cualquier eventualidad o accidente que pudiera ocurrir.

(Fuente: Universidad Nacional de Bogotá)

## **12. METODOLOGÍA DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL**

Existen muchísimos métodos para la elaboración de los estudios de impacto ambiental, algunos desarrollados para países específicos y con la reglamentación respectiva; pero entre estos, algunas metodologías pueden ser usadas en otros países como lo es la metodología de **Vicente Conesa Fernández** de España, la cual ha sido muy aplicada en muchos proyectos del mundo.

A continuación presentamos una breve descripción de esta metodología.

### **12.1 ESTUDIO DEL PROYECTO Y SU ENTORNO**

12.1.1 **Análisis general del proyecto:** aquí se realizará una visión general del proyecto identificando las características que nos resultan de interés para el estudio que estamos haciendo. Por medio de un esquema se presentan las diferentes etapas que componen el proyecto.

Se incluye también una pequeña reseña histórica de la empresa ejecutora del proyecto y la justificación de la construcción de este mismo.

Se presenta una exposición de las áreas afectadas, ubicación, procesos, tamaño, costos, calendario, puestos de trabajo en las diferentes fases y grado de aceptación pública; tipo de material, maquinaria, equipos, riesgos de accidente, contaminación y otros.

Se estudiará además: consumo de agua, fertilizantes, materias primas, etc; y se usaran las medidas recomendadas en la legislación vigente en materia medio ambiental. Cada uno de estos estudios lo realizaran personas competentes en el área.

12.1.2 **Descripción general del entorno:** Este punto está enfocado a la evaluación del medio receptor para determinar las alteraciones potenciales que ocasionará la puesta en marcha del proyecto. Se debe inventariar todos los factores que serán afectados por la ejecución del proyecto; para esto se hará un estudio del medio físico, tanto inerte (agua, aire, suelo, clima) como biótico (fauna y flora? y perceptual (paisaje) y otro del medio socio-económico del entorno afectado.

12.1.3 **Previsiones de los efectos que el proyecto ganará sobre el medio:** Después de conocer el proyecto y el entorno que le rodea, estamos en capacidad de iniciar un estudio provisional de impactos. Se desarrollara una aproximación de las acciones y sus efectos pero sin entrar en detalle.

Elaboraremos una lista de las acciones que van a influir sobre el medio y a continuación se hará otra lista de los factores del medio que pueden verse afectados. Un método usual es confeccionar una lista tipa a la cual se le van añadiendo y suprimiendo parámetros según los casos, en función del tipo de proyecto.

## 12.2 **MATRIZ DE IMPACTOS**

Con esta matriz empieza la valoración cualitativa la cual consiste en un cuadro de doble entrada en cuyas columnas estarán las acciones impactantes y en las filas los factores medio ambientales susceptibles de recibir impactos.

**MATRIZ  
DE  
IMPACTOS**

			ACCIONES IMPACTANTES					
			FASE DE CONSTRUCCION					
			1	2	3	i...	...n	n+1
<i>Factores ambientales Impactados</i>			ACCION 1	ACCION 2	ACCION 3	ACCION i...	...ACCION n	TOTAL FASE
<b>SUBSISTEMA CONSIDERADO</b>	<b>COMPONENTE 1</b>	Factor 1						
		Factor 2						
		Factor p						
		TOTAL IMPACTO COMPONENTE 1						
	<b>COMPONENTE 2</b>	Facto 1						
		Factor 2						
		Factor j				Elemento ij		
		Factor q						
		TOTAL IMPACTO COMPONENTE m						
	TOTAL IMPACTO DEL SUBSISTEMA							

Para realizar esta matriz se debe realizar previamente la matriz de identificación de efectos.

FACTORES DEL MEDIO	ACCIONES DE LA ACTIVIDAD							
	A1	A2			Ai			An
F1					•			
F2								•
	•	•					•	•
Fj					•			
	•							
		•						
Fm			•			•	•	•

Ambas matrices nos ayudaran a identificar, prevenir y comunicar los efectos para obtener una valoración de los mismos.

12.2.1 **Identificación de acciones que puedan causar impactos:** Se establecerán dos relaciones definitivas, una para cada periodo de interés, es decir, acciones susceptibles de producir impactos durante la fase de construcción o instalación y durante la fase de funcionamiento o explotación.

Para identificar acciones se debe deben diferenciar los elementos del proyecto de manera estructurada atendiendo los aspectos enunciados en el cuadro 2.

12.2.2 **Identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles de recibir impactos:** El entorno está constituido por elementos y procesos interrelacionados, los cuales pertenecen a los sistemas: Medio Físico y Medio Socio económico y Cultural; y subsistemas: Medio Inerte, Medio Biótico, Medio Perceptual, Medio Rural, Medio de Núcleos habitados, Medio Socio Cultural y Medio Económico. A cada uno de estos pertenecen una serie de componentes

ambientales susceptibles de recibir impactos, entendidos como los elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por las acciones impactantes.

Una vez identificados los factores del medio susceptibles de ser impactados es conveniente conocer su estado de conservación actual, o sea la calidad del ambiente que puede ser alterado. Esta medida de esa calidad se conoce como *valor ambiental*.

### 12.3 MATRIZ DE IMPORTANCIA

Esta matriz nos permitirá tener una valoración cualitativa al nivel requerido por un EIA simplificado. Aquí se cruzan las informaciones ya obtenidas.

Los elementos de la matriz de importancia identifican el impacto ambiental  $I_{ij}$  generado por acción simple de una actividad  $A_i$  sobre un factor ambiental considerado  $F_j$ ; entonces mediremos el impacto en base al grado de manifestación cualitativa del efecto que quedara reflejado en lo que definimos como importancia del impacto.

La importancia del impacto es la relación entre el grado de incidencia o intensidad de la alteración producida y la caracterización del efecto, que responde a su vez a atributos de tipo cualitativo: extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad.

Los elementos o casillas de cruce de la matriz estarán ocupados por la valoración correspondiente a los siguientes doce símbolos:

+/-	I
EX	MO
PE	RV
SI	AC
EF	PR
MC	I

**Signo (+/-):** Positivo (+), si es beneficioso o Negativo (-) si es perjudicial.

**Intensidad (I):** Grado de incidencia de la acción sobre el factor.

**Extensión (EX):** Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción tiene un efecto muy localizado se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si el impacto tiene una influencia generalizada, el impacto será total (8), y las situaciones intermedias serán impacto parcial (2) y extenso (4).

**Momento (MO):** Plazo de manifestación del impacto. Se clasifican en: Inmediato y Corto Plazo, ambos tienen asignados un valor de (4); Si va de 1 a 5 años entonces se clasifica como Medio Plazo (2), y si el efecto tarda más de 5 años se considera como Largo Plazo (1).

**Persistencia (PE):** Tiempo que permanecería el efecto desde su aparición. Si permanece menos de 1 año se considera Fugaz (1), entre 1 y 10 años Temporal (2), y para una duración superior a los 10 años se considera permanente y se le asigna un valor de (4).

**Reversibilidad (RV):** Posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto. Si es a corto plazo, se le asigna un valor de (1), medio plazo (2), Irreversible (4).

**Recuperabilidad (MC):** Posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado por el proyecto. Si el efecto es totalmente Recuperable se le asigna un valor de (1) o (2) según sea de manera inmediata o a medio plazo, si es parcialmente, el efecto es Mitigable y toma un valor de (4). Cuando el efecto es Irrecuperable le asignamos un valor de (8), en caso de ser irrecuperable pero se le puedan introducir medidas compensatorias el valor será (4).

**Sinergia (SI):** Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente. Cuando una acción actuando sobre un factor, no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo

factor, el atributo toma el valor de (1), si presenta un sinergismo moderado (2) y si es altamente sinérgico (3).

**Acumulación (AC):** Se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple) se valora como (1), si el efecto es acumulativo se valora como (4).

**Efecto (EF):** Se refiere a la relación causa efecto, o sea a la forma de manifestación de un efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. Si el efecto es indirecto toma el valor de (1) y en caso de ser directo toma el valor de (4).

**Periodicidad (PR):** Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica, impredecible o constante.

A los efectos continuos se le asigna un valor de (4), a los periódicos (2), y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, y a los discontinuos (1).

**Importancia del impacto:** La importancia del impacto viene representada por un número que se deduce mediante el modelo propuesto en el cuadro 11 en función del valor asignado a los símbolos considerados.

$$I = +/- [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

<b>NATURALEZA</b> -Impacto beneficioso + -impacto perjudicial -		<b>INTENSIDAD</b> -Baja 1 -Media 2 -Alta 4 -Muy alta 8 -Total 12	
<b>EXTENSIÓN</b> -Puntual 1 -Parcial 2 -Extenso 4 -Total 8 -Crítica (+4)		<b>MOMENTO</b> -Largo Plazo 1 -Medio Plazo 2 -Inmediato 4 -Crítico (+4)	
<b>PERSISTENCIA</b> -Fugaz -Temporal -Permanente		<b>REVERSIBILIDAD</b> -Corto Plazo 1 -Medio plazo 2 -Irreversible 4	
<b>SINERGIA</b> -Simple 1 -Sinérgico 2 -Muy sinérgico 4		<b>ACUMULACIÓN</b> -Simple 1 -Acumulativo 4	
<b>EFECTO</b> -Indirecto 1 -Directo 4		<b>PERIODICIDAD</b> -Irregular y Discontinuo 1 -Periódico 2 -Continuo 4	
<b>RECUPERABILIDAD</b> -R. de Manera inmediata -R. a medio plazo -Mitigable -Irrecuperable		<b>IMPORTANCIA</b> $I = +/- [3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$	

## Valoración

La suma algebraica de la importancia del impacto en cada elemento por columnas  $I_i$  nos indicara los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias de la actividad.

Primero se evalúa una valoración relativa que se hace para cada factor del medio, y se procede a la valoración absoluta que corresponde a la suma de las parciales.

**MATRIZ DE IMPORTANCIA**

FACTORES	SITUACIÓN 1								SITUACIÓN 2								TOTAL EFECTOS PERMANENTES EN LA SIT. 1		IMPORTANCIA TOTAL	
	ACCIONES						TOTAL		ACCIONES						TOTAL					
	A1	A2		Ai		An	Ab.	Rel	A1'	A2'		Ai'		An'	Ab.	Rel.	Ab.	Rel.	Ab.	Rel.
F1																				
F2																				
Fj																				
Fm																				
TOTAL	Absoluto																			
	Relativo																			

### 13. CONCLUSIONES

Pensar en una represa para un ingeniero civil, seguramente es imaginar la máxima manifestación de la ingeniería porque enmarca casi todos los aspectos: Ingeniería Estructural, Suelos, Hidrología, Sanitaria, Hidráulica, Vías, etc. Y pensar en estar involucrado en un proyecto de semejante envergadura genera una emoción que se transforma en satisfacción y orgullo después de haber terminado tan majestuosa obra. Y si hablamos solo en el contexto de la ingeniería Civil me atrevo a decir que los embalses son mágicos.

Sin embargo, es muy lamentable que un proyecto que intenta mejorar el nivel de vida de las poblaciones influenciadas, termine haciendo todo lo contrario como quedo expuesto en los ejemplos ya vistos.

El rio junto con su cuenca se comporta como un organismo viviente cuya intervención por medio de una represa tiene como respuesta el mal asociado a la salud general a dicho organismo. Esto podría compararse con un ser humano al que se le aplique un torniquete en la garganta con carácter permanente sin pretender que se deteriore su salud.

A donde queda la sensibilidad de los ingenieros, cuando al ver las consecuencias desastrosas que ocasionan los embalses, los siguen construyendo cada día mas y mas? No podemos dejar de aceptar que en algunos casos -algunas presas han sido virtualmente inútiles- una presa trae muchas consecuencias favorables, por el control de inundaciones y en otros casos fortalece la actividad agrícola en las regiones; pero en la mayoría de los casos los intereses monetarios supranacionales y locales, priman sobre cualquier afección que se pueda ocasionar al medio ambiente y a la sociedad.

Por esto se están construyendo represas para generar energía eléctrica y venderla a otros países, como es el caso del proyecto colombiano Urrá I, y mientras tanto las poblaciones aledañas, después de haber sido desalojadas y desarraigadas, desculturizadas y obligadas a cambiar de actividad económica, a su vez se encuentran sufriendo cada día más miseria y pobreza producto del gran proyecto que les prometía tantos beneficios. Y mientras los verdaderos beneficiarios del proyecto tienen sus bolsillos llenos de dinero, las poblaciones afectadas tienen sus vidas vacías: sin trabajo, sin salud, sin alimentos, sin futuro para sus hijos y sin esperanzas de salir de tanta miseria porque no hay quien atienda sus problemas.

Este tipo de impacto social es muy notorio en la mayoría de los embalses del mundo como también lo es el daño ambiental que se ocasiona y que resulta altamente destructivo para la vida del planeta tierra.

Las consecuencias de la construcción de un solo embalse traen la exterminación de numerosas especies de animales, y cualquier medida que se adopte para extraer muestras de cada especie y luego pensar en una repoblación para mitigar el impacto, jamás va compensar las innumerables pérdidas y las escenas en las que esos animalitos se desesperan por tratar de sobrevivir.

Este suplicio lo sufren todos los animales terrestres que habitan la zona, y también todas las especies acuáticas que habitan en el lecho del río embalsado, los cuales mueren por falta de oxígeno, otros son envenenados por sustancias químicas que accidentalmente caen en el río por falta de previsión en la zona de construcción, otros miles de peces mueren en la zona de la presa sin conocerse las causas como es el caso presentado en la presa Salvajina en el departamento del Cauca (Colombia) el pasado mes de junio de 2009. Y las especies de peces que logran sobrevivir y adaptarse al nuevo ecosistema lacustre, ven impedido el crecimiento de su especie porque el ciclo reproductivo que hace parte de su desarrollo ha sido bloqueado por un gran muro de concreto.

El medio ambiente sufre procesos naturales internos que incluyen auto-alimentación y autodepuración que permiten su auto-sostenimiento y todos los animales y plantas contribuyen a eso. Sin embargo el hombre ha intervenido en los recursos naturales de manera negativa interrumpiendo el equilibrio ecológico que nos permitía a todos disfrutar del planeta y cierra sus ojos a la construcción de una presa obviando que todos somos criaturas del universo y tenemos derecho a vivir, incluyendo animales, plantas, y a aquellos opositores que han sido asesinados vilmente por defender sus derechos y por un mejor entendimiento de sus relaciones y su amor por la naturaleza.

Por otra parte, la destrucción de bosques y remoción de vegetación que se realiza en la zona del vaso del embalse, campamentos y vías de acceso, trae graves alteraciones para el suelo, para el clima, para las especies de aves, animales terrestres e insectos cuyo hábitat son los árboles y plantas, y la percepción de un paisaje verde y florido cambia por uno oscuro y gris.

Al remover la vegetación el suelo queda desnudo y vulnerable a la erosión por las gotas de lluvia las cuales pueden generar un alto desprendimiento del suelo, el cual se depositará en el fondo del vaso del embalse disminuyendo su capacidad con el tiempo. En un aguacero de una hora se puede remover hasta cincuenta metros cúbicos por hectárea de suelo; y también es muy probable que se presente erosión interna la cual es casi específica de las presas y consiste en la formación de cavernas por debajo de la presa de concreto.

Como sabemos por medio de la evapotranspiración que ocurre en las plantas, éstas toman el agua del suelo y generan biomasa absorbiendo energía, fabricando oxígeno y colaborando con una temperatura agradable en el ambiente, y posteriormente una parte del agua retorna a la atmosfera por evaporación. La producción de oxígeno de un solo árbol produce en promedio doscientas veces su volumen en un plazo de un año, ahora, si multiplicamos ese volumen de oxígeno por el numero de árboles que existían en la zona de la

presa ¿Cuánto oxígeno se pierde por cada presa? Y si ese número lo multiplicamos por las 75.000 presas que existen más o menos en el mundo... realmente tener estas cifras nos alarmaría de verdad.

Pero los “dinosaurios modernos” o embalses, eliminan toda esa fábrica de oxígeno, y la reemplazan por un gran espejo de agua que realiza una evaporación directa contribuyendo en una gran medida a la disminución del recurso hídrico, como ocurre hoy en día en río Nilo, y además generando la mayor producción de gases de invernadero, como el metano, lo que ayuda al deterioro de la capa de ozono y a la disminución del tiempo de vida del planeta.

Además este espejo de agua produce un aumento en la humedad de la región y esto a su vez provoca un aumento de lluvias, y en regiones como la Guajira esto crearía condiciones adversas para los cultivos de la región y alteraría el ciclo biológico de los ecosistemas. Y no podemos olvidar que un embalse es agua estancada, por lo cual, el aumento de especies endémicas y la proliferación de enfermedades es el pan de cada día en la región influenciada por el embalse.

Por otro lado, la cuestión de los beneficios durante la vida útil de un embalse, son una farsa porque cuando se estima ese período no se tiene en cuenta la disminución de la capacidad de la presa por sedimentación, sino que cuando ésta se presenta, entonces emprenden otros proyectos de embalse para el mismo cauce como lo es el caso de la presa “El Quimbo” el cual se va a empezar a construir en el río Magdalena como apoyo para la presa de Betania la cual ha disminuido muchísimo su productividad por causa de la sedimentación; y aun así ya se está pensando en dos presas mas para solucionar luego los problemas de sedimentación de El Quimbo. Y eso sin contar que por bajas especificaciones la presa de Betania siempre ha estado en peligro inminente por su desbordamiento o rompimiento.

Esto es solo por mencionar algunos efectos de la construcción de un embalse, porque si recordamos los ejemplos mencionados, por nuestra mente solo pasarían escenas de ruina, destrucción, corrupción, intolerancia, animales muertos, zonas desérticas, etc. Sin embargo no se puede dejar de resaltar que no todas las consecuencias son negativas, en las regiones donde se construye un embalse se notan las mejoras en la infraestructura, el agua potable se hace asequible para comunidades que no gozaban de ella, ha fomentado el turismo, etc... pero a cuenta de qué se gana todo esto? No sería mejor invertir en obras sostenibles de verdad. Se dice que la energía hidráulica es la más barata, pero en donde se tienen los costos ambientales?

Porque no pensar en otro tipo de generación de energía eléctrica que pueda ser muy provechosa y que no genere tantos daños ecológicos? Cualquier biomasa como el viento y el sol puede producir energía, y éstas dos son alternativas que se están estudiando a profundidad.

Este proyecto no pretende descalificar las obras de embalse de aguas sino crear alerta ante la amenaza ecológica que estamos enfrentando y no podemos advertir. Sin embargo lo más importante es que se pueda crear consciencia entre la comunidad de ingenieros y en los dirigentes políticos para que empiecen a tomar medidas para la conservación de nuestro planeta, y reconozcan que no tiene sentido en querer mejorar el nivel de vida de los ciudadanos cuando lo que se está haciendo es una contribución grande a la autodestrucción mundial.

Con el tiempo nos vamos a quedar sin energía eléctrica, sin agua y sin alimentos. Y cuando no haya nada que comer, de que va a servir el dinero que no invirtieron en los daños ambientales, y de que va a servir la ingeniería?... podremos los ingenieros ingeniarnos algo para solucionar estos problemas.

Para mí los embalses aún no han perdido la magia... solo que esta magia ha sido transformada, antes los veía como una estructura extraordinaria, y ahora la magia de los embalses radica en que pueden desaparecer todo lo que encuentren a su paso.

## 14. RECOMENDACIONES

El aprovechamiento de la energía solar parece ser la alternativa más prometedora, pues permite diversas formas de captación y transformación. Ésta es inagotable y no ha sido aprovechada en nuestro planeta.

La transformación de la energía solar en eléctrica se logra a través de las células fotovoltaicas que convierten la luz solar en energía eléctrica; existen unos colectores que absorben calor directamente y lo transfiere a otro medio como el agua; las centrales heliotérmicas utilizan baterías de espejo para concentrar los rayos, solares sobre un colector central, donde se forma el vapor que acciona la turbina generándose electricidad.

Ahora bien, la capacidad de los rayos solares se encuentra muy disminuida en la superficie terrestre, por lo que se están realizando investigaciones sobre la posibilidad de sintetizar inmensos paneles que, situados en órbita geoestacionaria, radiarían la energía captada a la tierra.

Otro tipo de energía que podría emplearse sería la energía eólica, pero no estaría disponible para todas las regiones y además no tiene una potencia alta, sin embargo en regiones como el Alta Guajira (Colombia) donde existe una planta eólica, se usa esta energía para satisfacer necesidades de la región fortaleciendo así las actividades del turismo.

## **15. ANEXOS**

**15.1 ANEXO 1: TABLA DE IMPACTOS Y SU COMPORTAMIENTO**

**15.2 ANEXO 2: TABLA DE IMPACTOS Y RESULTADOS EN  
PRESAS ESTUDIADAS.**

Indicadores → Impactos ↓	TOTALMENTE MITIGABLE	NO MITIGABLE	PARCIALMENTE MITIGABLE	PRESENTE EN TODOS LOS PROYECTOS DE EMBALSE	PRESENTE EN ALGUNOS PROYECTOS DE EMBALSE	TODOS LO TIENEN EN CUENTA	ALGUNOS LO TIENEN EN CUENTA	CASI NINGUNO LO TIENE EN CUENTA
Contaminación del aire por partículas de hormigón			X	X		X		
Producción de Silicosis, enfermedad causada por la depositación de partículas de hormigón en la mucosa, la cual disminuye el transporte de oxígeno causando la muerte	X			X				X
Emisión de gas metano producido por la descomposición de la capa vegetal sumergida		X			X		X	
Cambio en el patrón de vientos que ha contribuido al aumento de vientos del Sur y su correspondiente aumento de las temperaturas		X		X				X
Aumento de la humedad en la región, provocando también un aumento de las lluvias y creando condiciones adversas para determinados tipos de cultivo así como al ecosistema regional		X		X				X
Hidromorfización, debido al cual aparecen ambientes con escasa presencia de oxígeno y carácter reductor, circunstancia que provoca un empobrecimiento del terreno			X		X		X	
La circulación de vehículos por caminos sin asfaltar degrada la estructura del suelo			X	X				X
La extracción de materiales del vaso y los terrenos circundantes deja el suelo sin cubierta vegetal lo cual lo hace mucho más vulnerable a la erosión por las gotas de lluvia		X		X				X

Desaparición de los niveles de oxígeno y la consiguiente exterminación de la vida acuática, por la limpieza deficiente de la capa vegetal en la zona de inundación		X			X		X	
Producción de sulfuro de hidrógeno por la descomposición anaeróbica de la capa vegetal		X			X			X
Corrosión de las turbinas de la represa por la presencia de sulfuro de hidrógeno			X		X		X	
Cambia la sedimentación en el río, incrementándose en la zona del vaso, limitando su capacidad de almacenamiento y su vida útil, y privando el río de los sedimentos, aguas abajo		X		X			X	
Vulnerabilidad al fenómeno de eutrofización a causa de la sedimentación existente		X			X			X
Proliferación de algas unicelulares por la eutrofización		X			X			X
Enturbiamiento del agua por la presencia de algas, y el efecto del impedimento de la luz solar para penetrar el fondo		X			X			X
Imposibilidad de la fotosíntesis en el fondo por la ausencia de la luz solar y como resultado incapacidad de producción de oxígeno libre		X			X			X
Cambios dramáticos en el flujo, la calidad, cantidad y uso del agua, alteración del régimen fluvial (hidrología y limnología)		X		X		X		
Variaciones en el nivel freático		X		X			X	
Problemas de salinización del río			X		X		X	
Presencia de vectores epidemiológicos			X	X		X		
Destrucción de varios kilómetros de bosque de ribera con la adecuación del vaso			X	X		X		

Destrucción de bosques con la apertura de caminos para el paso de maquinarias			X	X		X		
Destrucción de bosques para el reasentamiento de desplazados eliminando más biodiversidad		X		X			X	
Entorno de baja calidad estética y paisajística		X		X				X
Deterioro de la pesca debido a los cambios en el caudal o temperatura del río		X		X		X		
Pérdida de sitios de desove y presencia de barreras que impiden la migración de los peces			X		X		X	
Cambio de la distribución de las especies y las formas de reproducción de los peces por las variaciones en el caudal			X		X		X	
Muerte de peces por falta de oxígeno en el agua			X		X		X	
Pérdida de hábitat para la fauna originada por el llenado del embalse			X	X		X		
Muerte de animales acorralados en pequeñas islas sin alimento		X		X			X	
Generación de enfermedades como la esquistosomiasis que se producen por medio de los caracoles en las aguas estancadas o de movimiento lento	X				X		X	
Propagación de enfermedades como disentería, diarreas, desnutrición, viruela, erupciones en la piel, infecciones vaginales, cáncer, tuberculosis, sífilis, fiebre amarilla, dengue y leishmaniasis	X				X		X	
Transformación del mercurio presente en el suelo del vaso en metilmercurio por medio de cianobacterias que se incorpora en el interior de los peces, y estos al ser consumidos en estas circunstancias afecta al sistema nervioso central de las personas			X		X			X

Atracción de personal externo a la comunidad, lo que genera la importación de prostitución y enfermedades de transmisión sexual que se agudiza con la presencia de la policía o el ejército que custodia el proyecto	X			X				X
No cumplimiento de las promesas hechas a la comunidad como electricidad, agua, carreteras, escuelas y hospitales		X			X			X
Represión, maltrato y asesinato de los oponentes de las represas		X			X			X
Desalojo de habitantes de sus tierras			X	X		X		
Suspensión de la navegación y disminución de la carga de las embarcaciones por falta de caudales apropiados		X			X		X	
Alteración del microclima		X		X				X
Aumento de la pobreza y desocupación	X				X			X
Ahogamiento de animales en el proceso de llenado del lago		X		X			X	
Heridas, atontamiento y muerte de peces producido por la estructura y funcionamiento de los elevadores de peces		X			X		X	
Desaparición del patrimonio histórico, cultural y arqueológico que queda sumergido bajo las aguas			X		X	X		
Perdida del recurso hídrico		X		X			X	
Cambios en las propiedades físicas y químicas de los suelos			X	X		X		
Afección de la recarga de acuíferos		X			X			X
Reducción de poblaciones de fauna asociada a cuerpos de agua, principalmente anfibios y aves que habitan en las orillas del río y se alimentan de organismos acuáticos		X		X			X	
Cambio del uso y tenencia de las tierras en áreas correspondientes al vaso		X		X		X		

Alteración de orden público como consecuencia de las disputas territoriales de los distintos grupos armados	X				X		X
Muerte de peces como consecuencia de la turbiedad y la contaminación química de sus aguas			X		X		X
Perdida o alteración de suelos debido a las siguientes actividades: Construcción de obras principales, Vías de acceso a las obras, Zonas de depósito para obras principales y vías de acceso, Fuente de materiales, Área de embalse			X	X		X	
Incremento y aceleración de procesos de inestabilidad en contorno del embalse	X			X			X
Aumento de la presión sobre los recursos naturales		X		X			X
Contaminación de corrientes superficiales de agua por aportes de sedimentos, desechos de obras, residuos sólidos comunes y especiales y vertimientos de agua de origen doméstico e industrial. Alteración de hábitats de comunidades hidrobiológicas	X			X		X	
Potencial contaminación del aire			X	X		X	
Alteración de la economía regional y local por afectaciones a la producción agropecuaria		X		X			X
Generación de conflictos y expectativas			X		X		X
<i>Descenso del nivel de vida de las poblaciones desplazadas</i>			X		X		X
Provocar división entre las comunidades nativas para quitarles su espacio			X		X		X
Interés político y económico particular			X		X		X
Endeudamiento del país para patrocinar el proyecto		X		X		X	

Impactos	PRESA BALBINA (BRASIL)	KARIBA	ASUAN (EGIPTO)	ASOKOMBO (GHANA)	YACYRETA (ARGENTINA)	ITAIPU (BRASIL-PARAGU)	LAS TRES GARGANTAS (CHINA)	BROKOPONDO (SURINAM)	URRÁ I (COLOMBIA)	EL QUIMBO (COLOMBIA)	HIDROSOGAMOSO (COLOMBIA)	PROYECTO RANCHERIA	OTROS EMBALSES
Contaminación del aire por partículas de hormigón	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Emisión de gas metano producido por la descomposición de la capa vegetal sumergida	XX	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Cambio en el patrón de vientos que ha contribuido al aumento de vientos del Sur y su correspondiente aumento de las temperaturas													EMBALSE DE SAU (BARCELONA-ESPAÑA), LAGO SAN ROQUE (CÓRDOBA),
Aumento de la humedad en la región, provocando también un aumento de las lluvias y creando condiciones adversas para determinados tipos de cultivo así como al ecosistema regional													
La circulación de vehículos por caminos sin asfaltar degrada la estructura del suelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
La extracción de materiales del vaso y los terrenos circundantes deja el suelo sin cubierta vegetal lo cual lo hace mucho más vulnerable a la erosión por las gotas de lluvia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Desaparición de los niveles de oxígeno y la consiguiente exterminación de la vida acuática, por la limpieza deficiente de la capa vegetal en la zona de inundación								XX					
Producción de sulfuro de hidrógeno por la descomposición anaeróbica de la capa vegetal								XX					
Corrosión de las turbinas de la represa por la presencia de sulfuro de hidrógeno								XX					
Cambia la sedimentación en el río, incrementándose en la zona del vaso, limitando su capacidad de almacenamiento y su vida útil, y privando el río de los sedimentos, aguas abajo			X				X			XX			SANMEXIA (CHINA)
Imposibilidad de la fotosíntesis en el fondo por la ausencia de la luz solar y como resultado incapacidad de producción de oxígeno libre	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Cambios en el flujo, la calidad, cantidad y uso del agua, alteración del régimen fluvial (hidrología y limnología)	X	X	XX	X	X	X	X	X	X	XX	X	X	
Problemas de salinización del río			XX										
Presencia de vectores epidemiológicos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	TOCANTIS (BRASIL), SAKOVAR Y UPPER KRISNA (INDIA)
Destrucción de varios kilómetros de bosque de ribera con la adecuación del vaso y con la apertura de caminos para el paso de maquinarias	X	X	X	X	X	X	X	X	XX	X	X		TUCURUÍ (BRASIL)

Destrucción de bosques para el reasentamiento de desplazados eliminando más biodiversidad	X	X	XX	X	X	X	X	X	XX	X	X		
Entorno de baja calidad estética y paisajística													
Deterioro de la pesca debido a los cambios en el caudal o temperatura del río			XX						XX		X		
Pérdida de sitios de desove y presencia de barreras que impiden la migración de los peces			X		X	X			X				
Cambio de la distribución de las especies y las formas de reproducción de los peces por las variaciones en el caudal			X						X				
Muerte de peces por falta de oxígeno en el agua					X	X		X					
Pérdida de hábitat para la fauna originada por el llenado del embalse					X	X	X		X		X		
Muerte de animales acorralados en pequeñas islas sin alimento							X					X	PAK MUN (TAILANDIA)
Generación de enfermedades como la esquistosomiasis que se producen por medio de los caracoles en las aguas estancadas o de movimiento lento				XX					XX				BRATSK (SIBERIA)
Propagación de enfermedades como malaria, disentería, diarreas, desnutrición, viruela, erupciones en la piel, infecciones vaginales, cáncer, tuberculosis, sífilis, fiebre amarilla, dengue y leishmaniasis	X	X	X	X	X		X		XX				
Transformación del mercurio presente en el suelo del vaso en metilmercurio por medio de cianobacterias que se incorpora en el interior de los peces, y estos al ser consumidos en estas circunstancias afecta al sistema nervioso central de las personas													GURI (VENEZUELA), PRESA JOSE ANTONIO ALZATE (MEXICO)
Atracción de personal externo a la comunidad, lo que genera la importación de prostitución y enfermedades de transmisión sexual que se agudiza con la presencia de la policía o el ejército que custodia el proyecto			X						XX				
No cumplimiento de las promesas hechas a la comunidad como electricidad, agua, carreteras, escuelas y hospitales		X		XX					XX				GRAND COULEE (CHILE), KAO MAEN (MEXICO), GURI (VENEZUELA)
Represión, maltrato y asesinato de los oponentes de las represas		X			X				XX				BAKOLORI (NIGERIA)
Desalojo de habitantes de sus tierras	X	X	X	XX	X	X	X		XX	X	X		
Suspensión de la navegación y disminución de la carga de las embarcaciones por falta de caudales apropiados									XX				
Alteración del microclima			X										
Aumento de la pobreza y desocupación			X	X					XX				

Ahogamiento de animales en el proceso de llenado del lago			X						XX	X	X		
Heridas, atontamiento y muerte de peces producido por la estructura y funcionamiento de los elevadores de peces													
Desaparición del patrimonio histórico, cultural y arqueológico que queda sumergido bajo las aguas			X				XX		XX				
Perdida del recurso hídrico			XX		X	X			XX	X	X		
Cambios en las propiedades físicas y químicas de los suelos	X	X	X	X	X	X	X	X	XX	X	X		
Reducción de poblaciones de fauna asociada a cuerpos de agua, principalmente anfibios y aves que habitan en las orillas del río y se alimentan de organismos acuáticos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Cambio del uso y tenencia de las tierras en áreas correspondientes al vaso	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Alteración de orden público como consecuencia de las disputas territoriales de los distintos grupos armados				X					XX				
Muerte de peces como consecuencia de la turbiedad y la contaminación química de sus aguas									XX				
Perdida o alteración de suelos debido a las siguientes actividades: Construcción de obras principales, Vías de acceso a las obras, Zonas de depósito para obras principales y vías de acceso, Fuente de materiales, Área de embalse	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Contaminación de corrientes superficiales de agua por aportes de sedimentos, desechos de obras, residuos sólidos comunes y especiales y vertimientos de agua de origen doméstico e industrial. Alteración de hábitats de comunidades hidrobiológicas							X						
Alteración de la economía regional y local por afectaciones a la producción agropecuaria			X						XX		XX		
Generación de conflictos y expectativas				X					XX		XX		SADAR SADOVAR (INDIA)
Descenso del nivel de vida de las poblaciones desplazadas				X			X		XX				
Provocar división entre las comunidades nativas para quitarles su espacio									XX				
Interés político y económico particular				XX					XX				JAMES BAY (CANADÁ)
Endeudamiento del país para patrocinar el proyecto			X	X					XX		X		