RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN REPRESAS

SERGIO ANDRÉS SALAZAR GALÁN

INSTITUTO POLITÉCNICO JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2005

RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN REPRESAS

SERGIO ANDRÉS SALAZAR GALÁN

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director:
NORBERTO MARRERO DE LEÓN
Doctor en Ingeniería Hidráulica
Instituto Politécnico "José Antonio Echeverría"

INSTITUTO POLITÉCNICO "JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA"
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2005

CONTENIDO

pág.

1. GENERALIDADES 1

1.1 INTRODUCCION 1

1.2 EVOLUCION HISTORICA DE LA EIA 3

1.3 POLÉMICA MUNDIAL POR LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESAS 7

1.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 13

1.4.1 Planteamiento del problema 13

1.4.2 Alcance 14

1.4.3 Justificación 15

1.4.4 Hipótesis 16

1.4.5 Objeto de Estudio 16

1.4.6 Objetivos 16

1.4.7 Metodología de trabajo 17

1.4.8 Tipo de investigación 18

1.4.9 Técnicas de investigación 19

2. REVISIÓN Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO 20

2.1 INTRODUCCIÓN 20

2.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA 21

2.2.1 Detección de las fuentes 22

2.2.2 Obtención de la información 23

2.2.3 Consulta de las fuentes 24

2.2.4 Recopilación de la información 25

2.3 MARCO TEÓRICO 26

pág.

2.3.1 Terminología 27
2.3.2 Tipos de impacto ambiental 32
2.3.3 Tipos de evaluación de impacto ambiental 32
2.3.4 Contenidos de la evaluación de impacto ambiental 33
2.3.5 Metodologías empleadas en la EIA 35
2.3.6 Recomendaciones metodológicas para los EIA 45
3. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN REPRESAS 69
3.1 INTRODUCCIÓN NECESIDAD DE LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO AMBIENTAL 69
3.2 LEGISLACIÓN APLICABLE 70
3.3 ESQUEMA METODOLÓGICO 73
3.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 75
3.5 CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO MEDIO AMBIENTAL 77
3.6 CONSIDERACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES ALTERACIONES 78
3.6.1 Alteraciones sobre el clima 81
3.6.2 Alteraciones sobre el aire 81
3.6.3 Alteraciones sobre el suelo 81
3.6.4 Alteraciones sobre el agua 82
3.6.5 Alteraciones sobre la vegetación 91
3.6.6 Sobre la fauna 91
3.6.7 Sobre el paisaje 93
3.6.8 Sobre la socioeconomía 93
3.7 IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERACIONES 94
3.7.1 Lista de chequeo 95
3.7.2 Matriz orientativa 97
3.7.3 Modelos específicos 97

pág.
3.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA) 105
3.9 PLAN DE MONITOREO Y CONTROL 108
3.10 INFORME FINL 111
4. DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA PRESA PEDROSO (CASO DE ESTUDIO) 112
4.1 INTRODUCCION 112
4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 112
4.2.1 La Presa Pedroso dentro del sistema hidráulico "Pedroso Mampostón) 115
4.2.2 Datos generales 120
4.2.3 Datos técnicos 121
4.2.4 Datos hidrológicos 123
4.2.5 Elementos de la obra 125
4.3 CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO MEDIO AMBIENTAL 128
4.3.1 Medio físico 128
4.3.2 Medio socioeconómico 142
4.4 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 143
4.4.1 Clima 144
4.4.2 Calidad de las aguas 144
4.4.3 Estratificación térmica 153
4.4.4 Agua debajo de la presa 154
4.4.5 Estabilidad de los taludes 155
4.4.6 Fauna acuática 155
4.4.7 Vegetación 156
4.4.8 Paisaje 157
4.5 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 157
4.6 PLAN DE MONITOREO Y CONTROL 159
5. CONCLUSIONES 161
6. RECOMENDACIONES 163

pág.
BIBLIOGRAFÍA 165
ANEXOS 170

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Formas básicas de las funciones de transformación. 56

Figura 2. Diagrama de flujo para la realización de una evaluación ambiental. 73

Figura 3. Esquema metodológico para la realización de un diagnóstico ambiental . 74

Figura 4. Sistema de agua embalsada. 79

Figura 5. Proceso de eutrofización en un embalse. 86

Figura 6. Proceso de estratificación térmica típica en verano 90

Figura 7. Esquema del sistema hidráulico Pedroso-Mampostón. 114

Figura 8. Localización de la presa Pedroso. 120

Figura 9. Comportamiento de la precipitación en la presa Pedroso. 132

Figura 10. Cuenca subterránea de la presa Pedroso. 136

Figura 11. Ubicación de los focos contaminantes. 147

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Resumen cronológico de tendencias e innovaciones de la EIA. 4

Cuadro 2. Origen legal de la EIA en algunos países de América Latina. 5

Cuadro 3. Acontecimientos internacionales relevantes sobre temas ambientales a partir del año 1972. 6

Cuadro 4. tipos de impacto según criterio de clasificación. 33

Cuadro 5. Contenidos de la EIA según tipo de actividades a realizar. 34

Cuadro 6. Contenidos de la EIA según ciclo de vida del proyecto. 35

Cuadro 7. Metodologías o modelos para definir la relación Causa-efecto de impactos. 36

Cuadro 8. Componentes ambientales. 50

Cuadro 9. Matriz de identificación de efectos. 51

Cuadro 10. Importancia del impacto (tomado de Conesa /95). 53

Cuadro 11. Resumen de actividades específicas de monitoreos y auditorías y su relación con la EIA. 63

Cuadro 12. Modelos para evaluar la contaminación de fuentes agrícolas no localizadas. 101

Cuadro 13. Resumen niveles, volumen y superficies del embalse Pedroso 120

Cuadro 14. Caudales de avenidas para diferentes probabilidades. 124

pág.

Cuadro 15. Parámetros morfométricos del embalse Pedroso. 124

Cuadro 16. Características del canal de trasvase Mompostón-Pedroso. 126

Cuadro 17. Resumen de temperaturas del aire (1972-1994). 130

Cuadro 18. Datos de la estación hidrométrica. 133

Cuadro 19. Monitoreo de la calidad de las aguas en la presa Pedroso. 134

Cuadro 20. Características de la cuenca subterráneo. 136

Cuadro 21. Puntos de muestreo de focos contaminantes. 147

Cuadro 22. Clasificación eutrófico de la presa Pedroso. 153

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Ejemplos de meotologías empleadas en la era de represas. 171

Anexo B. Matriz de evaluación de impacto ambiental propuesta por Conesa. 174

Anexo C. Metodología para realizar diagnósticos en represas. 175

Anexo D. Matriz orientativa. 186

Anexo E. Matriz de identificación de impacto de la presa Pedroso. 187

Anexo F. Resultado del estudio para los focos contaminantes. 188

Anexo G. Aparte de la NC 27: 1999. 202

Anexo H. Resumen fotográfico. 207

“EL MUNDO SANGRA SIN CESAR DE LOS CRIMENES QUE SE COMETEN EN EL A LA NATURALEZA”

JOSE MARTI

DEDICATORIA

A mis padres Rosa y Miguel, que con su amor y dedicación han sido la columna vertebral en mi formación, y este es uno de sus grandes triunfos.

A mis hermanas Johana, Vilma, Alba Luz, mi familia y cada uno de aquellos, que de una u otra forma me han apoyado incondicionalmente, han creído en mis capacidades y me han alentado a continuar en lograr el objetivo de formarme como un profesional integral al servicio de la sociedad.

A una gran mujer Rosita, que con su apoyo durante mi estadía en Cuba, me ayudo a vencer todas las dificultades encontradas en el desarrollo del trabajo y con ello lograr el objetivo propuesto, por lo tanto este logro también en suyo.

A todos los que creemos en que puede existir un planeta mejor con opciones de vida digna, equitativa, libre, desarrollada, sin la necesidad de sacrificar más las condiciones naturales del medio ambiente, y siempre listos a proponer soluciones a tan gran problemática mundial tanto social como ambiental.

SERGIO

AGRADECIMIENTOS

Sería interminable la lista de personas a las cuales la gratitud es poca, para demostrarles mis afectos por ayudarme a través de este trabajo lograr uno de los primeros objetivos en esta corta vida, el convertirme en un profesional en todo el sentido de la palabra.

Al Dr. Norberto Marrero de León por sus atenciones de principio a fin, tanto en el desarrollo del trabajo como en mi estancia en la Isla de Cuba.

A la Dirección Técnica de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de La Habana por facilitarme obtener la información necesaria para el caso de estudio, en especial a la Ing. Alicia Mozo y su grupo de trabajo.

Unidad Básica Empresarial (UBE) del Este, por su apoyo en el levantamiento de la información de campo del caso de estudio, además de su gran hospitalidad en cabeza de su director Lic. Osvaldo Martínez, del jefe de operaciones Pedro García y familia, y del Lic. Humberto García.

Al personal entrevistado en la zona de estudio por la información que me brindaron.

A la oficina de relaciones Internacionales de la Universidad Industrial de Santander (Colombia) y a la Oficina de relaciones Internacionales del Instituto Superior “José Antonio Echeverría” (Cuba).

A los profesores de la Universidad Industrial de Santander (Colombia) por sus enseñanzas reflejadas en este trabajo.

A mis compañeros de estudio en Colombia, a los muchos amigos en Cuba.

RESUMEN

TITULO: RECOMENDACIONES METODOLÓGICAS PARA LA EVALUACIÓN AMBIENTAL EN REPRESAS[*].

AUTOR: SERGIO ANDRES SALAZAR GALAN[**]

PALABRAS CLAVES:

Metodología
Represas
Ambiental

CONTENIDO:

Las represas ocasionan gran cantidad de afectaciones al medio ambiente tanto en su fase de construcción como en su fase de explotación. Como herramienta para la evaluación ambiental de los impactos causados por estas, se dan en el presente estudio unas recomendaciones metodológicas para abordar los procesos de Evaluación de Impacto Ambiental para proyectos de represas a ser ejecutados y de Diagnósticos Ambientales en represas en su fase de explotación.

En el primer capítulo del libro se hace una introducción temática al estudio, con las principales generalidades del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental y de los efectos de la construcción de represas en el mundo, elementos necesarios para el planteamiento del problema de investigación, contemplado en el diseño de la investigación. En el segundo capítulo se lleva a cabo la revisión y análisis bibliográfico a través de la aplicación de metodologías de la investigación consultadas para la elaboración del marco teórico del estudio, en el cual se presenta un compendio de terminologías utilizadas, tipos de impacto ambiental y de Evaluación de Impacto Ambiental, así como los contenidos y principales metodologías, para concluir con unas recomendaciones metodológicas propuestas por el autor basadas en el análisis de la bibliografía consultada.

En el tercer capítulo se plantea una propuesta metodológica para la realización del Diagnóstico Ambiental de represas ya construidas, que incluye el proceso de identificación de las alteraciones ocasionadas al entorno, utilizando diversas técnicas para la obtención de la información requerida en la metodología propuesta, para concluir con la formulación de un plan de manejo ambiental. En el cuarto capítulo se aplica la metodología propuesta a la presa derivadora “Pedroso” ubicada en la provincia de La Habana, Cuba.

---

[*] Proyecto de grado

[**] Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela Ingeniería Civil. Dr. Norberto Marrero

SUMMARY

TITLE: METHODOLOGICAL RECOMENDATIONS FOR THE ENVIRONMENTAL EVALUATION IN DAMS[*]

AUTHOR: SERGIO ANDRES SALAZAR GALAN[**]

KEY WORDS:

Methodology
Dams
Environmental

CONTAINED:

The dams as much cause great amount of affectations to the environment in their phase of construction like in their exploitation phase. As tool for the environmental evaluation of the impacts caused by these, methodologic recommendations occur the present in study to approach the processes of Evaluation of Environmental Impact for projects of dams to be executed and Environmental Diagnoses in dams in their exploitation phase.

In the first chapter of the book a thematic introduction to the study becomes, with the main majorities of the process of Evaluation of Environmental Impact and of the effects of the construction of dams in the world, necessary elements for the exposition of the problem of investigation, contemplated in the design of the investigation. In the second chapter it is carried out the revision and bibliographical analysis through the application of consulted methodologies of the investigation for the elaboration of the theoretical frame of the study, in which a compendium of used terminologies appears, types of environmental impact and Evaluation of Environmental Impact, as well as the contents and main methodologies, to conclude with propose methodologic recommendations by the author based on the analysis of the consulted bibliography.

In the third chapter a methodologic proposal for the accomplishment of the Environmental Diagnosis of dams already constructed, that includes the process of identification of the alterations caused to the environment, using diverse techniques for the obtaining of the information required in the propose methodology considers, to conclude with the formulation of a plan of environmental handling. In the fourth chapter the propose methodology is applied to the derivadora prey "Pedroso" located in the province of Havana, Cuba.

---

[*] Bachelor's Final Project

[**] School of Physique Mechanic Engineering, Department of Civil Engineering. Dr. Norberto Marrero

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El proceso de desarrollo de la humanidad trae implícito la utilización de las bondades que la naturaleza nos brinda a través de sus recursos, además de la utilización de la ciencia y la técnica para adecuar estos recursos a nuestras necesidades. Desafortunadamente este proceso se ha llevado a cabo bajo escenarios de utilización indiscriminada de los recursos naturales y de una inadecuada utilización de la ciencia y técnica generada por nosotros mismos. Esta realidad ha ocasionado una problemática ambiental mundial, con una gran carga de responsabilidad de los países desarrollados. La preocupación generada por esta problemática ha ocasionado la movilización de la comunidad mundial en torno a generar posibles soluciones que posibiliten subsanar de algún modo los daños ya causados y sobre todo evitar con los nuevos proyectos a desarrollar seguir deteriorando el medio ambiente. En este sentido, en las últimas décadas se han promulgado en muchos países, diferentes mecanismos legales fruto en gran parte de las discusiones dadas en los numerosos foros, seminarios, debates, talleres, etc. de carácter mundial, llevados a cabo a partir de la década de los 70´s.

Para la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano realizada en Estocolmo (Suecia) en el año 1972, se redactó el Informe Founex, donde se encuentra una caracterización de la situación ambiental planetaria, del cual se destaca (atendiendo al nivel de desarrollo en el que se encuentran los países Latinoamericanos -Caribe, Centro y Sur América-) el siguiente apartado: *"...Los problemas son ya suficientemente graves en los países en desarrollo. Pero a menos que se emprenda una acción decidida tenderán a adquirir tremendas dimensiones en las próximas décadas.*

Puesto que algunas de las consecuencias que el proceso de desarrollo tiene en el medio ambiente, podrían evitarse, mediante una mejor planificación y regulación".

Reafirmando la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, y tratando de basarse en ella, en junio del año 1992 la Cumbre de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en Río de Janeiro (Brasil) que tuvo como objetivo "*establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas*" proclamó una declaración que consta de 27 principios, en los cuales se afirma el concepto de desarrollo sostenible, como lo establece en el Principio 3: *El derecho al desarrollo debe ejercerse en forma tal que responda equitativamente a las necesidades de desarrollo y ambientales de las generaciones presentes y futuras;* y en el Principio 4: *A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada.* Se resalta además el principio 17 el cual establece que: "*Deberá emprenderse una evaluación de impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente". (CNUMAD, 1992).* En atención a este principio, el principal objetivo de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) responde a la introducción en los nuevos proyectos, recomendaciones acerca de las variables del medio biofísico y socioeconómico, facilitando con ello la toma de decisiones en cuanto a la selección de alternativas, si existen y a la ejecución o rechazo, del proyecto definitivo. Para realizar dichas recomendaciones, es necesario todo un equipo multidisciplinario debido a la complejidad del medio ambiente, llevando entonces, bases de estudio

científicas, técnicas, socioculturales, económicas y jurídicas, entre otras.

Teniendo en cuenta lo anteriormente enunciado, se pretende en el presente Capítulo abordar las generalidades de lo que es la Evaluación del impacto Ambiental y algunos aspectos relacionados con su aplicación en proyectos de represas. Se refiere el presente estudio, a esta actividad en específico, debido a los inevitables impactos que ésta produce por modificar completamente el medio receptor e implantar uno nuevo, trayendo como consecuencia directa el detrimento de las condiciones naturales del medio ambiente, experiencia vivida en innumerables países y ampliamente reconocida en la literatura. Esta peculiaridad enfrentada con la necesidad de desarrollo de los países, ha generado una gran polémica mundial, por entrar en contraposición, la mayoría de las veces, los beneficios que las represas traen, con el costo ambiental que hay que pagar por esto.

Inicialmente se dará una breve reseña histórica de cómo ha evolucionado el proceso de evaluación de los impactos al medio ambiente desde su aparición en el siglo pasado hasta nuestros días. Luego, se presentará un esbozo de lo que ha sido la polémica mundial en torno a los proyectos de construcción de represas. Por último se presenta el diseño de la presente investigación, que representa la carta de navegación durante todo el proceso del desarrollo del trabajo.

1.2 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA EIA

La Evaluación de Impacto Ambiental tiene su génesis ante la necesidad de evitar consecuencias funestas de proyectos a realizarse, de acuerdo con las experiencias tenidas en los proyectos ya realizados, en los que se encontraron situaciones donde los impactos producidos era imposible atenuarlos o eliminarlos. Su origen se da a finales de la década de los 60´s

(1969) en Estados Unidos y desde ese momento se ha convertido en un procedimiento de obligatorio cumplimiento en muchos países del planeta. A partir de este momento, este mecanismo ha mostrado unas tendencias significativas a medida que fueron pasando los años (Ver Cuadro 1), donde se han introducido elementos para realizar esta evaluación de una manera más completa y sistemática, como instrumento preventivo para la realización de proyectos a nivel planetario.

Cuadro 1. Resumen cronológico de tendencias e innovaciones de la EIA.

Fecha y Fases	***Descripción de las características generales***
Antes de 1970 Pre-EIA	Revisión de proyectos basados en estudios económicos y de ingeniería con limitada consideración de sus condiciones ambientales.
1970-1975 Desarrollo Metodológico	La EIA se introduce enfocando inicialmente en la identificación, predicción y mitigación de los efectos biofísicos. Oportunidades para la participación de la población en las revisiones principales.
1975-1980 Inclusión de la dimensión social	Evaluación ambiental multi-dimensional, incorporando la evaluación de los impactos sociales y análisis de riesgo. La participación pública forma parte integral del desarrollo, planeamiento y evaluación. Varios énfasis en la revisión de los proyectos de temas como justificación y alternativas.
1980-1985 Reorientación de los procesos y procedimientos.	Esfuerzos para integrar la EIA de proyectos con políticas, planificación y fases seguimientos. Investigación y desarrollos enfocados en el monitoreo de los efectos
1985-1990 Paradigma de sustentabilidad	Marcos científicos institucionales para las EIA comienzan a ser repensados como respuesta a las ideas y necesidades de la sustentabilidad. La búsqueda comienza con vías para atender los cambios ambientales globales, regionales y los impactos acumulativos. Creciente cooperación internacional en la capacitación e investigación sobre EIA.
1990-Presente Segunda Generación de EIA	Se introduce la evaluación del impacto social en la elaboración de políticas, planes y programas. La convención internacional sobre EIA transfronterizó (CEE 1999). La CNUMAD (Río 1992) fija nuevas demandas a las EIA por conceptos más amplios, como métodos y procedimientos para asegurar la sustentabilidad.

Fuente: Weizenfeld, 1996

Los países latinoamericanos a partir del origen de la EIA (1969), y del mandato de la Declaración de Naciones Unidas para el Medio Humano (1972), empezaron a establecer la EIA como procedimiento de obligatorio cumplimento de acuerdo a su legislación, extendiéndose ampliamente en la década de los 90´s después de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992). En el Cuadro 2 se resume el año en el que se dio origen a la EIA como instrumento legal de estos países.

Cuadro 2. Origen legal de la EIA en algunos países de América Latina

PAIS	ORIGEN
COLOMBIA	1974
VENEZUELA	1976
BRASIL	1981
MEXICO	1982
GUATEMALA	1986
PERU	1990
BOLIVIA	1992
HONDURAS	1993
PARAGUAY	1993
ARGENTINA	1993
URUGUAY	1994
CHILE	1994
CUBA	1994

Puede notarse entonces que es en las últimas tres décadas del siglo pasado donde se ponen en manifiesto las preocupaciones sobre los impactos que se estaban causando al medio ambiente por la inevitable acción del desarrollo. La Declaración dada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el mensaje del Club de Roma sobre "Los Límites del Desarrollo" en 1972 cambiaron radicalmente la concepción medioambiental con relación al concepto de desarrollo. En el año de 1987 con el informe Brundtland

"Nuestro Futuro Común" publicado por Naciones Unidas ratifican el naciente concepto de "Desarrollo Sostenible" introduciendo aquí la necesidad de encontrar el equilibrio entre el desarrollo y la protección del medio ambiente. En 1992, con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, se ubica la problemática ambiental en una escala global y se genera un programa de acción conocido como la Agenda 21. Se resaltan estos tres acontecimientos internacionales como los más relevantes por haber introducido y enriquecido la temática ambiental dentro del proceso de desarrollo del planeta, sin embargo se mencionan adicionalmente otros eventos internacionales importantes para resaltar la evolución que se ha dado en la materia. (Cuadro 3)

Cuadro 3 Acontecimientos Internacionales relevantes sobre temas ambientales a partir del año 1972.

1933	Primera Convención Internacional sobre la conservación de la Fauna y la Flora en estado natural, Londres/Inglaterra
1970	Regulación legal del proceso de EIA en Estados Unidos para nuevos proyectos
1972	Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, Estocolmo/Suecia Creación del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
1977	Conferencia sobre desertificación, Nairobi/Kenya Conferencia de Naciones Unidas sobre Agua, Mar del Plata/Argentina
1978	Creación del Centro de Asentamientos Humanos, HABITAT
1983	Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo
1985	Convención de Viena/Austria, Protección de la Capa de ozono
1987	Informe Bruntland, Nuestro Futuro Común Protocolo de Montreal sobre la capa de ozono
1989	Convenio de Basilea/Suiza, Control de los movimientos Transfronterizos de Desechos Peligrosos Convocatoria de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo
1992	Informes Ambientales de los países

Fuente: Weizenfeld, 1996

1.3 POLÉMICA MUNDIAL POR LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESAS

No existe la menor duda en reconocer que el agua es uno de elementos más importantes para la vida del planeta y su desarrollo. La utilización de este recurso ha aumentado de una manera tan desmedida, que en la década de los 90´s la ICOLD, (1997) registra que la cantidad de agua dulce utilizada se había multiplicado por 35 comparando el consumo de tres siglos atrás y teniendo en cuenta el crecimiento demográfico mundial de la época se pronosticaba un crecimiento en la demanda global de agua de un 2 ó 3% anual para las próximas décadas.

El desmedido crecimiento poblacional y la limitada utilización de los recursos hídricos debido a su contaminación y a los cambios climáticos globales, han generado una descompensación entre la oferta y la demanda. Deben buscarse soluciones a este desequilibrio debido a la imprescindible necesidad de satisfacer la demanda. En los países desarrollados se puede afrontar la problemática, reduciendo la demanda con una optimización del recurso y su posibilidad de reutilización, pues estos cuentan con el dinero y la tecnología para alcanzar el objetivo. Antagónicamente, los países subdesarrollados o en vía de desarrollo, que suman un porcentaje mayor al 70 de la población mundial, con tasas de crecimiento anuales elevadas, con problemas de insuficiencia nutricional que arrojan millones de muertes anuales de niños, con problemas de desabastecimiento de agua potable y de millones de muertes anuales debido al consumo de agua no potable, hacen necesaria la utilización de proyectos que regulen el agua para su aprovechamiento optimo con el fin de satisfacer la demanda, entre ellos el más popular: Las Represas.

La construcción de represas satisface diversos objetivos. Regular el flujo hídrico, compensando la abundancia de agua en algunas épocas del año con

otras de escasas lluvias; al mismo tiempo permite controlar flujos excesivos en épocas excesivamente lluviosas o en zonas de lluvias torrenciales concentradas en pocos meses del año, y evitar avenidas e inundaciones; hacen habitables llanuras que antes no lo eran. Al capturar agua de escorrentía que de otro modo iría directamente al mar, se aumenta efectivamente la oferta de agua, el relativamente alto nivel de la represa con relación a la llanura permite regar por gravedad, y por cierto, las presas tienen un objetivo importante como generadoras de energía eléctrica.

Desde por lo menos hace 5000 años, las represas han representado un papel preponderante en el desarrollo de la humanidad, las primeras grandes civilizaciones se establecieron alrededor de los grandes ríos, como el Nilo, el Tigris, el Eufrates y el Indo. La construcción de represas data de estos tiempos con varios propósitos como el de abastecimiento, riego, control de inundaciones y facilitar la navegación. Remontándose a los inicios de la revolución industrial se construyeron para producción de energía principalmente. Para el siglo 20, el avance en las tecnologías permitió la construcción de represas con el fin de cubrir multipropósitos.

A partir de la construcción de la represa Hoover (EEUU) en 1935 se intensificó la construcción de grandes represas en el planeta. Según el Registro Mundial publicado por la ICOLD (1997) figuran 39000 grandes represas, de las cuales más de la mitad se han construido en los últimos 35 años. Hoy en día casi la mitad de los ríos del mundo tiene al menos una gran represa (Comisión Mundial de Represas, 2000).

Sin embargo, paralelo al gran desarrollo en construcción de represas, se han evidenciado los problemas ocasionados a los ecosistemas y a las poblaciones. Según la Comisión Mundial de Represas (2000) “Las grandes represas han fragmentado y transformado los ríos del mundo, mientras se

estima que entre 40 y 80 millones de personas han sido desplazadas por su construcción. Más de un millón de kilómetros cuadrados, un poco menos de 1% de la superficie de la tierra, han sido inundados por embalses mundialmente. Esto representa una pérdida mucho más grande de lo que revelan los datos estadísticos puesto que la tierra a los lados de los ríos es esencial para mantener la diversidad de vida silvestre y además estas son las tierras más fértiles del mundo. (II Foro contra Represas, 2003).

La presa sobre el río Volta, en Burkina Faso, terminada en 1974, inundó un área de 85 000 kilómetros cuadrados, desplazando 82 000 personas. La presa de Aswan, en Egipto, cubre 66 000 kilómetros cuadrados y provocó el desplazamiento de 120 000 personas. Salto Grande, en Uruguay y Argentina, formó al concluirse las obras un lago de 78 000 hectáreas con riberas de más de 1200 kilómetros. El desarrollo de estos esquemas energéticos, se traduce en efectos aun mayores debido al cambio de los microclimas, la alteración de los ciclos hidrológicos, los cambios en las comunidades animales y vegetales, la transformación de un ecosistema fluvial en uno lacustre. En otros casos el desarrollo de estos proyectos ha sido señalado como uno de los factores fundamentales para la propagación de ciertas enfermedades (ej. la esquistosomiasis) o causa del incremento de la actividad sísmica. Todos estos factores se interrelacionan y terminan afectando las características y la disponibilidad de tierras para la producción de alimentos.

La década de 1970 presenció en América Latina una fuerte actividad en construcción de represa, la mayoría para uso energético. Esa actividad disminuyó en los ochenta aun cuando la capacidad de embalse de las nuevas presas es considerablemente mayor. Estas actividades se concentraron en pocos países: Brasil y Argentina concentran 62% y 19%, respectivamente, del total de la capacidad de presas y embalses construidos entre 1970 y 1984.

El análisis de los sistemas de riego va inevitablemente asociado al de las grandes presas para uso tanto agrícola como energético. El potencial hidroeléctrico de América Latina oscila en los 805 792 megawatts, que corresponde a 35% del total mundial; sin embargo, sólo se utiliza 9.6% de ese total. Este hecho, asociado al alza de los precios del petróleo, explica la tendencia típica de América Latina en la expansión de las represas, trayendo como resultado, en las últimas dos décadas, en un aumento considerable de disponibilidad de energía hidroeléctrica. La capacidad instalada del potencial hidroenergético regional se incrementó a una tasa anual de 10.2% en los últimos años setenta y de 6.5% entre 1980 y 1987. El porcentaje de energía hidroeléctrica en relación con otras fuentes energéticas se incrementó de 53.9% en 1970 a 60.3% en 1987, al paso que el de energía eléctrica proveniente de plantas térmicas disminuye de 46.1% a 37.3% en el mismo periodo.

La menor actividad en construcción de presas en América Latina se explica por diversos factores: el monto de la inversión y el elevado costo, la situación económica general de la región en la década, la mayor reticencia de los organismos internacionales a financiar estas obras en vista de la materialización de impactos ambientales negativos, que han motivado una fuerte presión de los grupos ambientalistas de todo el mundo.

En México se calculaba en 1980 que la capacidad de almacenamiento de agua en presas y embalses era de 124 700 millones de metros cúbicos, de los cuales 95% correspondía a 59 presas de más de 100 millones de metros cúbicos de capacidad, estando el otro 5% repartido entre 1 250 embalses a lo largo del país. Del total almacenado, 33% se utiliza para regadío, en su mayor parte en el norte y centro del país, y 37% para la generación de energía hidroeléctrica, principalmente en el sur y el sureste; 15% se utiliza para el control de avenidas en épocas de lluvia, y 15% corresponde a capacidad muerta.

Un fuerte desarrollo de construcción de presas y embalses se realizó en Cuba entre 1960 y 1992, actualmente 1400 embalses y micropresas permiten almacenar 9 600 millones de metros cúbicos, comparados con 48 millones de metros cúbicos en 1959; paliando uno de los problemas importantes de la isla: la escasez de agua, tanto para riego como para uso humano.

Un problema que enfrentan los embalses y presas de la región es el del acortamiento de su vida útil, fenómeno por lo demás común a la mayoría de las presas del mundo, en especial aquellas construidas en regiones semiáridas o tropicales. La reducción de la vida útil es causada por la acelerada erosión de las cuencas de captación, con lo cual las represas tienden a colmatarse por acumulación de sedimentos a tasas muy superiores a las previstas. El problema es particularmente serio en América Central, donde los ríos son relativamente cortos y los emplazamientos posibles para los embalses, escasos. En estos casos la construcción de represas ha ido asociada a fuertes procesos de deforestación y posterior erosión. En Guatemala por ejemplo la central hidroeléctrica de Pueblo Viejo Quixal enfrenta el riesgo de un próximo colmatamiento, con lo cual dejaría de generar energía. Siempre en Guatemala, el río Montagua ha visto reducida su capacidad de carga en 50% entre 1960 y 1980 debido al fuerte proceso de sedimentación en su cauce. La sedimentación de los lagos Gatun y Alajuela, que proveen energía y permiten operar al Canal de Panamá, es otros de los casos graves resultante de la creciente sedimentación de las represas. Al cumplir diez años, la represa de Achicaya, en Colombia, estaba en tres cuartas partes de su capacidad ocupada con lodo del proceso de erosión. Los embalses y presas mexicanos recibían, en 1988, alrededor de 166 millones de toneladas de sedimentos originados por los fenómenos de erosión que afectan al país.

Al margen de los impactos ecológicos, los efectos económicos son también

muy serios; así, por ejemplo, se ha calculado que a causa de la sedimentación las pérdidas en la producción de energía hidroeléctrica de una sola planta de Costa Rica oscilan entre 133 millones y 274 millones de dólares al año.

Las contradicciones son tan grandes, que este tipo de actividad es uno de los más discutidos dentro del marco del desarrollo sostenible en la actualidad, tanto para proyectos a ejecutarse, como para los ya ejecutados. Sus defensores argumentan los beneficios ocasionados en materia de desarrollo económico y social, regadío, producción de energía, control de inundaciones y abastecimiento de agua. Sus detractores resaltan como principales afectaciones, la destrucción de ecosistemas, desplazamiento y empobrecimiento de poblaciones, significativos costos de inversión, y desfavorable relación de costos vs. beneficios. En medio de esta controversia La Comisión Mundial de Represas, que sesionó desde 1998 hasta el 2000, contempla las siguientes diferencias entre defensores y detractores, como las más complejas.

- En que medida las alternativas a las represas son viables para alcanzar diversos objetivos en materia de desarrollo, y si dichas alternativas son complementarias o mutuamente excluyentes.

- En que medida impactos ambientales y sociales adversos pueden considerarse aceptables.

- El grado en que se pueden evitar o mitigar los impactos ambientales y sociales adversos.

- En que medida el contar con el consentimiento local debería determinar las decisiones futuras en materia de desarrollo.

Esta controversia que empezó con un debate de los efectos específicos locales de las represas en algunos lugares, generalizándose hasta llegar a un debate global, sigue hoy analizando las experiencias tenidas en el pasado, que sirvan de soporte a las decisiones a tomar en la actualidad y en el futuro, teniendo en cuenta la complejidad de la relación de las represas con respecto al medio ambiente y desarrollo sostenible.

1.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Después de que se ha concebido una idea de investigación es necesario plantear el problema de investigación que *no es sino afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación* (Sampieri et al, 1991). A continuación se presenta el diseño de la investigación que ha planteado el autor a partir de la consulta realizada a fuentes básicas sobre el tema.

1.4.1 Planteamiento del problema. A lo largo de la historia como se ha mencionado se han construido represas para optimizar la utilización del recurso hídrico. Llevar a cabo este tipo de proyectos implica involucrar todo un grupo interdisciplinario para la realización de los diferentes estudios necesarios como lo han sido tradicionalmente el topográfico, geotécnico, hidrológico, hidráulico, socioeconómico, etc., y recientemente la evaluación del impacto ambiental**.**

La Evaluación del Impacto Ambiental se ha convertido en los últimos años en un instrumento de obligatorio cumplimiento a nivel mundial, para ser aplicado a los proyectos de construcción de represas que se están concibiendo, para identificar los impactos generados por esta actividad al medio ambiente tanto en el medio físico (clima, hidrología superficial y subterránea, geomorfología, edafología, geología, vegetación, fauna, paisaje, atmósfera, etc.) como el socioeconómico (sistema territorial, demografía, economía, cultura,

planeación, etc.), y formular soluciones para prevenir dichos efectos; por ello se encuentra registrado en la literatura algunas metodologías para abordar esta temática de una manera genérica o ya especifica para el caso de estos proyectos. Sin embargo, en la región latinoamericana se reportan pocas metodologías que aborden el tema de manera específica.

Para el caso de represas ya construidas o en su fase de explotación que no han tenido en cuenta la EIA, existen pocas regulaciones o herramientas para que esta sea aplicada, además de contar con el problema de que generalmente no poseen la información de las condiciones del medio ambiente antes de ser construida la obra, necesaria para la aplicación de dicha herramienta. En el mismo sentido, es deficiente la información encontrada de metodologías para la realización diagnósticos de las condiciones ambientales actuales en las que se encuentra la obra y su entorno, con el fin de determinar las alteraciones que se estén causando, y así poder formular medidas que permitan mitigar, corregir o suprimir dichas alteraciones. .

Dada las circunstancias antes mencionadas, es importante y necesario diseñar una serie de recomendaciones metodológicas tanto para la Evaluación del Impacto Ambiental de represas a partir de las herramientas existentes, como para el diagnóstico ambiental de represas en su fase de explotación.

1.4.2 Alcance. Esta investigación pretende realizar una recopilación de toda la información existente, principalmente la de la región, acerca de las metodologías para la realización de la Evaluación de Impacto Ambiental de manera genérica, compararlas y con ello realizar unas recomendaciones metodológicas apropiadas para el caso específico de proyectos de construcción de represas. Además se pretende recolectar información

acerca de diagnósticos ambientales que se hayan hecho a represas ya construidas, que sirvan de aporte para la formulación de una metodología para ser aplicada en un caso de estudio que se realizará en una presa ya construida en la República de Cuba (Presa derivadora Pedroso).

1.4.3 Justificación. Estas recomendaciones metodológicas, pretenden brindar una herramienta de fácil comprensión, que haga eficiente el estudio de Impacto Ambiental en represas, de gran utilidad para todas las personas involucradas en la concepción, diseño, puesta en marcha y abandono de este tipo de obras en la región.

Además debe servir a la profesión de Ingeniería principalmente, por ser esta, una disciplina que influye con sus actividades en el medio ambiente, como soporte en la ampliación de su formación que está un poco reducida a las disciplinas básicas, tendiente a que su accionar esta dirigido "*hacia la mejora global del bienestar humano*".

La presente investigación pretende aportar también desde un enfoque metodológico la forma de abordar la revisión y análisis del estado del arte para próximos estudios con el fin de que sea introducida la metodología de la investigación en la concepción de proyectos de grado para que el estudiante empiece una formación como investigador que es un poco deficiente en nuestras universidades a nivel de pregrado.

Atendiendo el caso de las presas construidas en décadas pasadas las cuales fueron planeadas atendiendo a criterios meramente técnicos y económicos, con el caso de estudio se ayudará a realizar una metodología útil para la recopilación de la información necesaria para realizar un diagnóstico del estado ambiental del medio receptor de estos proyectos y plantear medidas recomendables para mitigar o eliminar los impactos que se estén causando.

La realización del estudio es viable, ya que se cuenta con el apoyo humano, logístico y demás recursos necesarios para su desarrollo.

1.4.4 Hipótesis. Con la información recopilada y analizada se podrá elaborar un documento de recomendaciones metodológicas para la Evaluación del Impacto Ambiental de represas. Se plantearan unas recomendaciones metodológicas para llevar a cabo la EIA como herramienta predictiva en proyectos a ser ejecutados y se propondrá una metodología para la realización de un Diagnostico Ambiental en represas ya construidas, es decir en su fase de explotación**.**

1.4.5 Objeto de Estudio. Metodologías existentes para la evaluación del medio ambiente receptor de proyectos de represas en sus diferentes fases, comprendiendo este cada una de las variables correspondientes tanto al entorno físico como al humano, analizándolas en el caso de la Presa Derivadora Pedroso en la República de Cuba**.**

1.4.6 Objetivos

Objetivo General. Elaborar unas recomendaciones metodológicas para el Estudio de Impacto Ambiental en proyectos de represas, así como una propuesta metodológica para llevar a cabo un Diagnóstico Ambiental para proyectos que están en su fase de explotación.

Objetivos Específicos

- Recopilar información existente sobre metodologías para la Evaluación del Impacto Ambiental, principalmente las de la región.

- Seleccionar información acerca de la construcción de represas y sus consecuencias en la intervención del medio que las recepcionan.

- Formular unas recomendaciones metodológicas para la evaluación del impacto ambiental producido por proyectos de represas a partir de la información recolectada.

- Plantear una propuesta metodológica para la realización de un diagnostico ambiental de represas en su fase de explotación.

- Llevar a cabo un diagnostico ambiental en un caso de aplicación cubano de represa ya construida, aplicando la metodología propuesta donde se contemplan recomendaciones de medidas tendientes a reducir el impacto ambiental de manera integral.

- Establecer conclusiones a partir de la interpretación y evaluación de los resultados obtenidos.

1.4.7 Metodología de trabajo. Durante el desarrollo de la investigación se reconocerán tres fases:

- Recopilación de la información.
- Estudio de un caso real.
- Elaboración del documento.

Recopilación de la información. El proceso de la recopilación de la información se divide en dos etapas, la obtención de la información y el análisis de la información.

- **Obtención de la información**. La información necesaria para el

desarrollo del presente trabajo se obtiene de los textos existentes en diversos países que tienen guías explícitas para la EIA en grandes represas, metodologías para el EIA para cualquier tipo de proyectos, así como de casos de estudios de las consecuencias producidas por represas construidas en décadas pasadas, artículos y demás escritos relacionados con el tema que se encuentren ya sea en centros de documentación o en la red mundial (INTERNET), además de las opiniones que se dieran por parte de expertos.

- **Análisis de la información**. La calidad de la información recopilada debe ser evaluada y organizada, para definir un rango de importancia y relación con el tema, a fin de escoger la más adecuada y desechar la que definitivamente no aporte sustancialmente a la investigación.

Estudio de un caso real. La validación de la información es una etapa imprescindible en el desarrollo de la metodología de trabajo. Para ello se utilizará un caso real de una represa construida en Cuba, donde se analizarán cada una de las variables físicas y socioeconómicas para determinar cual de ellas ha sido afectada y recomendar posibles soluciones.

Elaboración del documento final. Luego de dar término a las anteriores etapas, se elaborará el documento donde se consignarán las recomendaciones metodológicas y los resultados obtenidos con el caso de estudio, que se presentará tanto en formato digital como físico, con el debido soporte de las herramientas utilizadas.

1.4.8 Tipo de Investigación. Con la presente investigación se pretende llegar a unas recomendaciones metodológicas para el estudio de impacto ambiental de represas utilizando un caso real, por lo que podría enmarcarse dentro de la clasificación de Investigación Aplicada**.**

1.4.9 Técnicas de Investigación. Existen fundamentalmente dos tipos de técnicas de investigación.

Técnica Documental. Corresponde a la fase de recopilación y análisis de la información referente al objeto de estudio, que se dará en la fase de recopilación de la información como se expresó anteriormente.

Técnica de Campo. Complementariamente a la técnica documental, se hace imprescindible la utilización de casos reales de estudio, es decir una aplicación de la teoría en la práctica. Esta técnica se utiliza en la fase de evaluación con un caso real expresada con anterioridad.

2. REVISIÓN Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Las investigaciones se originan en ideas. Para iniciar una investigación siempre se necesita una idea; todavía no se conoce el substituto de una buena idea. Las ideas constituyen el primer acercamiento a la realidad que habrá de investigarse. (Sampieri et al, 1991). Si bien hay que reconocer que las ideas surgen de la realidad objetiva, de las vivencias relacionales con la práctica social del investigador. No existe idea en abstracto desligada de la experiencia práctica previa.

Luego de concebida la idea de investigar como punto de partida, el siguiente paso será el de plantear el problema de estudio, es decir el diseño de la investigación que como se anotó en el anterior capitulo consta de unos elementos básicos como lo son el planteamiento del problema que trae implícito unos objetivos, alcances, justificación e hipótesis de la investigación. Teniendo el problema de investigación planteado se procederá a realizar una revisión de las fuentes que serán útiles para alcanzar los objetivos trazados.

La revisión de las fuentes también conocida indistintamente como revisión de la literatura o revisión bibliográfica consiste como lo anota Sampieri et al (1991) en "*detectar, obtener y consultar la bibliografía y otros materiales que pueden ser útiles para los propósitos del estudio"*. Este proceso deberá ser selectivo, atendiendo a unos criterios prioritarios como lo son: la disponibilidad de las fuentes puesto que hay que contar con las limitaciones que existen para la accesibilidad de algunas de ellas y la actualidad de la fuente, puesto que preferiblemente hay que atender a aquellas que sean más recientes para que la investigación tenga un marco teórico lo más actual

posible. En ocasiones otra limitación que puede presentarse es la existencia de fuentes en lengua(s) extranjera(s), que representa un problema secundario mientras entre esta(s) no estén las principales referencias del estudio y mientras exista la posibilidad de empezar a leer en esta lengua desconocida que será un valor agregado de la investigación al investigador.

En este capítulo se recoge entonces el proceso de revisión y análisis de la bibliografía existente relativa al tema en estudio, abordando desde un esquema metodológico dicha revisión que ofrezca un aporte a la realización de este proceso en posteriores trabajos de investigación a nivel de pregrado.

2.2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Como se había mencionado anteriormente la revisión de la literatura se realiza mediante la detección, obtención y consulta de las fuentes. En la literatura sobre metodologías de la investigación se han encontrado básicamente dos tipos de clasificación de las fuentes bibliográficas. Eco (1977) clasifica las fuentes como de *primera mano* a aquellas ediciones originales o a ediciones criticas de la obra en cuestión, y de *segunda mano* a las ediciones de autores que retoman a autores de primera mano. Dankhe (1986) reconoce tres tipos de fuentes: primarias o directas, secundarias y terciarias. El autor adoptará la última clasificación para abordar la literatura consultada por ser esta mas amplia describiendo el proceso a continuación y posteriormente en el desarrollo del presente capítulo realizando una clasificación de acuerdo a una división del tema general partiendo de la terminología básica, pasando por la clasificación que se le dan a los impactos y evaluaciones de impacto ambiental, lo referente a la legislación de los países de la región básicamente para terminar con las metodologías existentes tanto generales como específicas.

2.2.1 Detección de las fuentes. Como lo menciona Dankhe (1896), se distinguen tres tipos básicos de fuentes de información, (primarias, secundarias y terciarias) que se describirán brevemente a continuación**.**

- Fuentes primarias*:* Llamadas también fuentes directas, pues de ellas se extraen directamente los datos originales o de primera mano. Entre estas se encuentran todas las fuentes escritas directamente por su autor quien ha reproducido esta como fruto de su investigación o experiencia, así como material en audio y/o video.

- Fuentes secundarias: Consisten en compilaciones, resúmenes y listados de referencias publicadas en un área de conocimiento en particular. Se convierten entonces en aquellas fuentes que recopilan y utilizan la información de fuentes primarias.

- Fuentes terciarias: Son aquellas que reúnen sumarios de fuentes secundarias, es decir fuentes con información de fuentes que han procesado la de fuentes directas.

Como lo anota Sampieri et al (1991), para identificar la literatura que se necesitará en la elaboración del marco teórico de la investigación, existen tres posibilidades:

- Acudir directamente a las fuentes primarias u originales (cuando se conoce muy bien el área de conocimiento en donde se realiza la revisión de la literatura)

- Acudir a expertos en el área para que orienten la detección de la literatura pertinente y a fuentes secundarias, y así localizar las fuentes primarias (que es la estrategia de detección de referencias más común)

- Acudir a fuentes terciarias para localizar fuentes secundarias y lugares donde puede obtenerse información, y a través de ellas detectar las fuentes primarias de interés.

La detección de las fuentes para la presente investigación se ha desarrollado en dos etapas de acuerdo al nivel de profundidad principalmente.

Primera fase: Detección de las fuentes para el diseño de la investigación, remitiéndose a la bibliografía básica, acudiendo a fuentes primarias y secundarias basado en la orientación de expertos en el área de estudio.

Segunda fase: Ampliación de la bibliografía a partir de la encontrada en las fuentes secundarias, proyectos de grado realizados en pregrado y postgrado relativos a la temática, continuando con la orientación de expertos. Se introduce en esta fase la información necesaria para el caso de estudio, obtenida de investigaciones realizadas en anteriores décadas por profesionales en sus estudios de postgrado y por las empresas dedicadas al manejo de los recursos hídricos en una provincia de la República de Cuba.

2.2.2 Obtención de la información. Luego de detectar las fuentes llegando a las directas que es el objetivo primordial, se hace necesario obtenerlas para poder avanzar a la siguiente etapa que es su consulta. En este proceso de obtención de la información se acude a los centros de documentación de las universidades y/o grupos de investigación, a entidades estatales y no estatales que manipulan información relativa al tema, a las evidencias de las entrevistas con expertos, la información disponible en la Internet u otro lugar donde estén disponibles. En la actualidad se ha convertido en un instrumento vital por tener potentes herramientas para realizar consultas, como los buscadores que están al día en todo tipo de publicaciones y que ofrecen la posibilidad de obtenerlas ya sea libremente, indicando el lugar

donde se encuentran u ofertando el costo de las mismas que pueden en ocasiones comprarse directamente por el mismo medio.

Para el desarrollo del presente estudio se ha obtenido información de los centros de documentación de la universidad (ISPJAE) entre ellos, la biblioteca central y la biblioteca del Centro de Investigaciones Hidráulicas, los textos suministrados por el tutor y los expertos entrevistados, la información encontrada en la Internet y los datos cedidos por la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de la Habana (Cuba) para el caso de estudio, así como entrevistas y trabajo de campo realizado en la zona de estudio.

2.2.3 Consulta de las fuentes. La elaboración del marco teórico de la investigación depende de la consulta que se haga a las fuentes que sucede a la obtención de las mismas, por lo tanto se debe realizar un proceso selectivo para determinar la importancia de cada una de las fuentes obtenidas y decidir cuales se utilizaran y cuales no, para ello se recomienda:

- En el caso de los textos revisar la introducción y/o prologo que ubica al lector de forma general en la temática que este aborda, seguido de una revisión y análisis al índice o tabla de contenidos, que dará una idea de que contiene mas específicamente la fuente y por ende su utilidad.

- En el caso de publicaciones de investigaciones se procede a leer el resumen (abstract) y de ser necesario remitirse a las recomendaciones y conclusiones.

De acuerdo con Sampieri et al (1991) en la actualidad las fuentes primarias más utilizadas para elaborar marcos teóricos… son los libros, las revistas científicas y las ponencias o trabajos presentados en congresos, simposios y otros eventos similares, porque -entre otras cosas- son las fuentes primarias

que sistematizan en mayor medida la información, generalmente profundizan mas el tema que desarrollan, cuesta menos dinero obtenerlas y utilizarlas, y son altamente especializadas.

Para la presente investigación ha encontrado una buena cantidad información dada la actualidad del tema y la facilidad que se brinda para realizar consultas tanto en los centros de documentación como en la Internet, sin embargo la mayoría de esta información aborda la temática desde una perspectiva muy general o aplicada en algunos temas específicos no relativos al estudio. Procediendo entonces con la primera fase del proceso de consulta, se realizaron las tareas selectivas pertinentes y se tomaron las fuentes primarias más importantes atendiendo a criterios como la relación con el tema de estudio, la actualidad de la información y el aporte metodológico. El resultado de este proceso selectivo arroja que la información consultada es en general de fuentes directas como textos, memorias de seminarios nacionales y eventos internacionales, investigaciones en el área de estudio, resultados de las entrevistas con expertos, entre otros.

2.2.4 Recopilación de la información. El proceso de consulta de las fuentes crea la necesidad de un mecanismo para recopilar la información que será útil en el estudio. El mecanismo mas abordado en la literatura es la utilización de fichas bibliográficas, que pueden ser fichas de lectura de las fuentes, fichas por tema, fichas por autor, fichas de citas o comentarios, fichas relativas a una temática especifica del estudio, u otras que dependen ya del trabajo de quien aborde el estudio. Lo más importante en la redacción de estas fichas es colocar claramente la referencia de donde se extrae la información, es decir, el nombre completo de la fuente, el nombre completo del autor o autores, lugar y fecha de edición, número de la edición, las páginas de donde se extracto la información; en el caso de revistas o

artículos se colocará adicionalmente el nombre del articulo y la respectiva publicación, además de el volumen; en el caso de trabajos presentados en seminarios, conferencias, etc. se colocara adicionalmente el nombre del evento, su patrocinador y la fecha de realización, entre otros.

Teniendo ya la información recopilada, el siguiente paso será la elaboración del marco teórico propiamente dicho, que estará ordenado de acuerdo a la organización que se le haya dado a esta información. Esta organización dependerá de la metodología que haya adoptado el investigador para ordenar la información que podrá ser en algunos casos un desarrollo cronológico del tema, dividir el tema en subtemas específicos, en teorías, en metodologías, etc.

2.3 MARCO TEORICO

El proceso de Evaluación de Impacto Ambiental ha venido desarrollándose teóricamente de manera creciente en las últimas décadas, encontrándose en la literatura buena cantidad de información relativa de manera genérica, en alto nivel de avance, debido a que se ha convertido en un instrumento de obligatorio cumplimiento en la mayoría de los países del planeta. En el caso de represas como una actividad especifica, que causa grandes impactos al medio, es mas reducida la información disponible en cuanto a metodologías de EIA, aunque en la mayoría de las legislaciones este contemplado este tipo de actividades a llevar a cabo una EIA para proyectos a ejecutar. Para proyectos ya ejecutados, es muy reducida la información de metodologías de evaluación ambiental, llamados diagnósticos ambientales, aunque también sea de obligatorio cumplimiento en la actualidad en los países de la región., atendiendo al proceso de implantación de los Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) contemplado en las normas ISO 14000, concibiendo a este (diagnostico ambiental) como el punto de partida de los SGA.

La importancia de la revisión de la literatura en la construcción del marco teórico radica en que, permite encontrar el estado de desarrollo en que se encuentra la temática. El autor ha organizado la información, atendiendo a un criterio de clasificación temático, como se desarrolla a continuación.

2.3.1 Terminología. La esfera conceptual en cuanto a la temática es amplia, sin embargo la definición de los términos de manera general no tiene gran diferencia en lo encontrado en la literatura. A continuación se presentara un glosario de términos usualmente empleados y los más necesarios para el desarrollo de la investigación**.**

- **Medio ambiente**: Conjunto de elementos naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos, donde se desenvuelve la vida humana, animal y vegetal. La ley 81 del Medio Ambiente Cuba lo define como el sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

- **Medio Natural**: Como lo define Conesa (1995), es el sistema constituido por los elementos y procesos del medio ambiente natural y sus relaciones con la población, proyectado en tres subsistemas:

- Medio Abiótico (físico o inerte): Aire, Tierra y Agua
- Medio Biótico: Flora y Fauna
- Medio Perceptual: Unidades de paisaje

- **Medio Socioeconómico**: Corresponde a todo el ámbito humano en general, que comprende, el sistema territorial, demografía, sistema económico, factores socio-culturales, históricos, planeación, etc.

- **Variables Ambientales**: Conocidas también como factores o parámetros, comprende todos los elementos componentes del medio ambiente, sujetos a acciones antropogénicas por ser el soporte de toda actividad humana (Conesa, 1995). De forma general pueden ser: Factores físico-químicos, biológicos, paisajísticos, sociales, culturales, humanos y económicos. Desglosando esos podrían ser: al agua, el aire, el suelo, el clima, la población, la flora y fauna, los paisajes, entre otros.

- **Desarrollo Sostenible**: Proceso de elevación sostenida y equitativa, que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades. (Obedece al mandato de la Conferencia Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, amparados en la Ley 81 de 1997, Cuba, la Ley 99 de 1993, Colombia, en general en la legislación de la región)

- **Proyecto, obra o actividad**: Un proyecto, obra o actividad incluye la planeación, ejecución, emplazamiento, instalación, construcción, montaje, ensamble, mantenimiento, operación, funcionamiento, modificación, y desmantelamiento, abandono, terminación, del conjunto de todas las acciones, usos del espacio, actividades e infraestructura relacionadas y asociadas con su desarrollo. (Decreto 1753 de1994, Colombia)

- **Ingeniero**: Es aquel que por su educación y experiencia profesional puede aplicar métodos científicos y tecnológicos a la solución de problemas técnicos concretos.

- **Proyecto de Ingeniería**: Toda acción u omisión, en relación con los elementos del medio físico, que producen modificaciones cuantitativas, cualitativas o de comportamiento.

- **Impacto Ambiental**: Reacción del medio ambiente a las modificaciones producidas por una acción externa directa o indirecta, que puede ser favorable o desfavorable. Como lo anota Conesa (1995) el impacto de un proyecto es la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado por este y la situación del medio ambiente futuro si hubiera transcurrido naturalmente, es decir sin proyecto.

- **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):** La EIA es un instrumento de gestión que hace incluir la dimensión ambiental en la toma de decisiones para la ejecución de actividades, desde el nivel de proyecto, pasando por programas hasta planes generales de desarrollo. (Weitzenfeld, 1996). La EIA, es un instrumento procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas Administraciones Publicas competentes. (Conesa, 1995).

- La Ley 81 del Medio Ambiente (Cuba) en su Titulo I, Capitulo II, la define como: Procedimiento que tiene por objeto evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables, que serían la consecuencia de planes, programas y proyectos de obras o actividades, mediante la estimación previa de las modificaciones del ambiente que traerían consigo tales obras o actividades y, según proceda, la denegación de la licencia necesaria para realizarlos o su concesión bajo ciertas condiciones. Incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y control para asegurar su cumplimiento y las medidas de mitigación que deben ser consideradas.

- **Estudio de Impacto Ambiental**: Conjunto de estudios técnico científicos sistemáticos interrelacionados entre si cuyo objetivo es la identificación,

predicción y evaluación de los efectos positivos y/o negativos que puede producir una o un conjunto de acciones de origen antrópico sobre el medio ambiente físico, biológico o humano. (CONAMA, CHILE 1994). Podría adicionarse a esta definición como un trabajo multidisciplinario dividido en dos grandes grupos, uno para el análisis de proyecto y otro para el análisis del medio.

- La Ley 81 del Medio Ambiente (Cuba) en su Titulo I, Capitulo II, los define como: Descripción pormenorizada de las características de un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo, incluyendo su tecnología y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evaluación de impacto ambiental. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación del impacto ambiental del proyecto y describir las acciones que se ejecutarán para impedir o minimizar los efectos adversos, así como el programa de monitoreo que se adoptará.

- **Diagnostico Ambiental.** Está apoyado sobre datos temáticos físicos, químicos y biológicos que describen el "ecosistema" y sobre datos temáticos relativos a los usos y las actividades de un territorio. Toda esta infamación es procesada para crear nuevos elementos de información sintéticos, comúnmente llamados indicadores.

- Los procesos de análisis de diagnostico sirven para reconocer las complejas causa concurrentes de aquellos problemas y oportunidades, sus mutuas relaciones y sus efectos resultantes, deseables o indeseables. Con ello se propone identificar asimismo los puntos y procesos críticos o más significativos sobre y a partir de los cuales la gestión debe comenzar a actuar en forma coordinada y convergente en procura de su optimización. (CIGEA).

- **Sistema de Gestión Ambiental:** La parte del sistema de gestión general

que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implementar, realizar, revisar y mantener la política ambiental. (NC-ISO 14001: 1997).

- **Indicador de Impacto Ambiental:** Este concepto se asocia a un factor que señala la magnitud de un impacto ambiental, ya sea de forma cuantitativa o cualitativa.

- **Línea de base general:** La línea de base general corresponde a la información del área que se verá afectada por los impactos ambientales. Ésta variará sus contenidos dependiendo de la escala de aplicación de la política, el plan o el programa y del área geográfica afectada.

- **Grandes Represas**: Esta definición depende de la legislación donde se aplique el caso. Generalmente es de obligatorio cumplimiento la EIA a grandes represas. Según la Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD), una gran represa tiene una altura mínima de 15 metros (desde los cimientos). Represas de 10 a 15 m de altura con un embalse de más de 3 millones de m^3 también son clasificadas como grandes represas.

Se entiende por grandes represas, aquellas donde la altura de la cortina sea mayor a 15 m., o donde la cortina estando entre 10-15 m de altura tenga un volumen embalsado mayor a 100000 m³, cimientos especiales o circunstancias que permitan calificar la obra como importante para la seguridad o economía publicas. [RD 1131/88 España]. En el caso de la legislación chilena (Ley N° 19.300 / D.S. N° 30) establecen realizarle EIA a proyectos de represas cuyo muro tenga una altura igual o superior a cinco metros (5 m) o una longitud de coronamiento igual o superior a quince metros (15 m). En la legislación cubana (Ley 81/94) se pone en consideración de su

máximo órgano ambiental (CITMA) la obligatoriedad de someter los proyectos de Presas o embalses a la EIA. En Colombia (D. 1753/94) se establece la EIA como obligatoria a la Construcción de represas, represas o embalses con capacidad superior a doscientos millones de metros cúbicos.

- **Pequeñas Represas**: Aquellas que no se encuentre dentro del rango de definición de Grandes Represas. Aunque la legislación no contempla la EIA como obligatoria para estas, se deben realizar estudios para determinar las afectaciones que se producen, aunque sean menores.

2.3.2 Tipos de Impacto Ambiental. En la literatura se encuentran diversas formas de clasificar la tipología de los impactos ambientales, unas mas exhaustivas que otras, se muestra a continuación un listado de una de las clasificaciones mas completa encontrada, que es la de Conesa (1995), en el cual se define claramente cada uno de estos con sus respectivas descripciones graficas. (Cuadro 4)

2.3.3 Tipos de Evaluación de Impacto Ambiental. Esta clasificación obedece al grado de profundidad con el que se aborden los estudios, teniéndose de acuerdo al nivel de complejidad una evaluación preliminar, una simplificada y una detallada. Según Conesa (1995) cada una de esta EIA se describe como sigue:

- Evaluación preliminar: En esta además de identificar, se realiza una primera valoración de los impactos, a la que seguirá una valoración mas profunda, si se considera oportuno continuar la investigación. De ser suficiente, se adjuntara una propuesta de medidas correctoras, incluyendo una matriz de identificación sin llegar necesariamente a una valoración global.

- Evaluación simplificada: No se exige en esta, un nivel de profundidad demasiado elevado. La valoración de impacto se hace de forma numérica sencilla. Cuando haya que decidir entre varias alternativas, se exige una ponderación de los impactos y una evaluación global. Deberá incluirse un documento de síntesis para exponerse al publico lo mas comprensible posible.

- Evaluación detallada: Es la mas completa, por lo que exige un grado de profundización elevada, utilizada en proyectos que producen grandes impactos (caso represas). Se debe incluir una ponderación y evaluación global, además de un documento de síntesis para exponerlo públicamente.

2.3.4 Contenidos de la Evaluación de Impacto Ambiental. Los elementos básicos que deben tener las Evaluaciones de Impacto Ambiental no varían mucho en la literatura consultada. Weitzenfeld (1996), propone una serie de contenidos atendiendo al tipo de actividades a realizar dentro de la Evaluación de Impacto Ambiental. (Cuadro 5)

Cuadro 4. Tipos de impacto según criterio de clasificación

CRITERIO DE CLASIFICACION	TIPO DE IMPACTO
1. Variación de la calidad ambiental	Positivo Negativo
2. Grado de destrucción (Intensidad)	Muy alto o Notable Medio y Alto Mínimo o Bajo
3. Extensión	Puntual Parcial Extremo Total Ubicación Critica

CRITERIO DE CLASIFICACION	TIPO DE IMPACTO
4. Momento de manifestación	Latente Inmediato Momento critico
5. Persistencia	Temporal Permanente
6. Capacidad de recuperación	Irrecuperable Irreversible Reversible Mitigable Recuperable Fugaz
7. Relación causa-efecto	Directo Indirecto o Secundario
8. Interrelación de acciones y/o efectos	Simple Acumulativo Sinérgico
9. Periodicidad	Continuo Discontinuo Periódico Aparición Irregular
10. Necesidad de aplicación de medidas correctoras	Critico Severo Moderado

Cuadro 5. Contenidos de la EIA según tipo de actividades a realizar

ACTIVIDADES INICIALES	ACT. INTERMEDIAS	ACT. FINALES
• Descripción del proyecto. • Identificación de impactos. • Descripción de la situación inicial (línea base)	• Predicción de los impactos. • Significancia de los impactos. • Medidas de mitigación. • Selección de alternativas.	• Monitoreo ambiental. • Auditoria ambiental. • Documento escrito.

De acuerdo al ciclo de vida del proyecto, Weitzenfeld (1996), propone los siguientes contenidos de la EIA. (Cuadro 6)

Cuadro 6. Contenidos de la EIA según ciclo de vida del proyecto.

ETAPA DEL PROYECTO	CONTENIDOS DE LA EIA
ELABORACION	
Idea (perfil preliminar)	Descripción general del proyecto Identificación preliminar de los impactos Potencial de mitigación Documento escrito (informe preliminar)
Anteproyecto preliminar (prefactibilidad)	Características del ambiente (información base) Predicción cualitativa de impactos Análisis de opciones de localización y procesos. Documento escrito (informe parcial)
Proyecto preliminar (factibilidad)	Modelos predictivos Significación de impactos Medidas de mitigación Selección de alternativas Monitoreo previo si es necesario Proyecto definitivo de medidas de mitigación Programas de monitoreo y auditoría Documento escrito (informe final)
EJECUCIÓN	
Preparación del sitio	Medidas de mitigación adicionales si son necesarias
Construcción, montaje de equipos e instalaciones	Monitoreo y auditoría ambientales Medidas de mitigación adicionales si son necesarias
Operación y mantenimiento	Monitoreo y auditoría ambientales Vigilancia epidemiológica. Medidas de mitigación adicionales si son necesarias
TERMINACIÓN	
Desmantelamiento	Monitoreo y auditoría ambientales
Restauración del sitio	Documento escrito

2.3.5 Metodologías empleadas en la EIA. Se reconocen en la literatura dos tipos amplios de análisis en cuanto al abordaje de la Evaluación de Impacto Ambiental, ya sea en su fase de identificación o en su fase de evaluación, los análisis cualitativos y los análisis cuantitativos.

Auernheimer (1996), recoge una serie de metodologías o modelos en cinco grupos, para definir la relación causa-efecto (Cuadro 7) y clasifica la valoración global del impacto ambiental según su grado de sistematización en:

I. Modelos no sistemáticos: Procedimiento de Leopold y otros
II. Modelos sistemáticos: Sistema de Battelle Institut
III. Otros modelos: Overlays o superposición cartográfica

Cuadro 7. Metodologías o modelos para definir la relación causa-efecto de impactos.

I. Métodos o modelos para identificación de parámetros, o acciones del proyecto y factores ambientales susceptibles de alteración	Listas de revisión causa-efecto o listas de: Parámetros del proyecto con posible incidencia ambiental Factores ambientales, representativos de la alteración en el medio Cuestionarios generales o específicos Matrices de revisión causa-efecto Técnicas específicas basadas en: Escenarios comparados Encuestas Seminarios interdisciplinares Reuniones de expertos
II. Métodos o modelos para definición de relaciones causa-efecto en forma cualitativa y semicuantitativa	Matrices causa-efecto superando la mera identificación Matrices cruzadas, con elementos iguales en filas y columnas para definir interrelaciones Matrices escalonadas, introduciendo desarrollos sucesivos Esquema causa-efecto. Redes de interacciones Modelos de simulación Escenarios comparados
III. Modelos para previsión de alteraciones de magnitud, especialmente del medio físico	Modelos para prever alteraciones en: Calidad del aire Agua Suelos
IV. Métodos para previsión de alteraciones o efectos finales	Salud Alteraciones de la biocenosis o ecosistemas en general Alteraciones socioeconómicas
V. Métodos y modelos para evaluación final de las alteraciones resultantes	Sistemas de información Representación resumida

Estevan Bolea (1984), clasifica los métodos más usuales respondiendo al siguiente esquema.

- ✦ Sistemas de red y gráficos
- Matrices causa-efecto (Leopold) y Listas de chequeo
- CNYRPAB
- Bereano
- Sonrensen
- Guías metodológicas del MOPU
- Banco Mundial

- ✦ Sistemas cartográficos
- Superposición de transparentes
- Mc Harg
- Tricart
- Falque

- ✦ Análisis de sistemas
- ✦ Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación.
- Holmes
- Universidad de Georgia
- Hill-Schechter
- Fisher-Davies

- ✦ Sistemas cuantitativos
- Batelle-Columbus

Como puede notarse, existen en la literatura, cantidades de metodologías o modelos para ser aplicados en el Estudio de Impacto Ambiental. De una manera descriptiva se presentan algunas metodologías basándose en el esquema anterior complementado por el autor del presente trabajo.

✦ **Sistemas de red y gráficos**

- Matrices causa-efecto: El primer método establecido en la Evaluación de Impacto Ambiental fue una matriz de doble entrada, conocida como la matriz de Leopold en 1971, utilizada para identificación de impactos, que enfrenta las filas que son los factores ambientales que pueden ser afectados y las columnas que son las actividades del proyecto que pueden producir estos efectos. Cuando alguna de estas actividades produce efecto se marcará la casilla, para luego realizar un análisis mas detallado. A partir de esta matriz de Leopold, la Comisión Internacional de Grandes Represas (ICOLD) propuso una matriz para ser utilizada en este tipo de proyectos. (Anexo A)

- Listas de chequeo: Utilizadas en estudios preliminares para identificación de impactos dada su sencillez. Su utilidad radica en una orientación de los posibles impactos más importantes que puede producir el proyecto. Estas listas enumeran una serie de acciones y efectos, por lo que tiene el inconveniente de ser incompletas, e inducir por esto a obviar otros posibles efectos, además están realizadas para proyectos y contextos específicos. En la literatura se encuentran diferentes listas como las de Leopold, Battelle, Banco Mundial, Organización Mundial de la Salud, Canadá, EEUU, etc. siendo entre las más completas las de Battelle de manera genérica. En el caso de represas, el MOPU plantea una lista en dependencia de la fase en la que se encuentre el proyecto.

- Redes: En esta metodología, se relacionan los factores ambientales afectados con las actividades que producen estos, identificando así posibles efectos indirectos. Según el MOPU (1989) este procedimiento permite al analista visualizar la conexión entre la acción y el impacto, pero no se convierte en una herramienta útil por convertirse en demasiado extensa cuando se analizan grandes proyectos. Para el caso de embalses se

encontró en la literatura redes propuestas por Stanford y War (1979) y por la Soil Conservation Service. (Anexo A)

- CNYRPAB: Método de identificación propuesto por el Departamento de Desarrollo y Planificación Regional del Estado de Nueva York. Utiliza dos matrices, la primera idéntica a la de Leopold, registra los impactos directos, los cuales interrelaciona con una segunda matriz para determinar los posibles efectos indirectos.

- Bereano: Se basa en una matriz para la evaluación de los impactos asociados a las estrategias tecnológicas alternativas. Se comparan alternativas tomando como base ciertos parámetros, seleccionados de manera que reflejen los efectos diferenciales que las distintas alternativas producirán sobre el Medio Ambiente. (Conesa, 1995)

- Sorensen: Utiliza una tabla o matriz cruzada de usos-acciones, una tabla o matriz cruzada de acciones-condiciones iniciales y un grafico de condiciones iniciales- condiciones finales y efectos múltiples-acciones correctivas. Es una aproximación a la integración de las matrices con las redes.

- Guías metodológicas del MOPU. Grandes Presas: En la actualidad es el Ministerio de Obras Publicas, Transportes y Medio Ambiente, tiene entre su serie de guías, una para grandes represas, muy útil para el presente estudio, pues aborda una metodología desde el mismo momento de la decisión de realizar una EIA, pasando por el análisis medioambiental del proyecto, su escala de trabajo y ámbito de aplicación, la definición de la situación preoperacional, enunciando los posibles métodos para identificación y predicción de los impactos, así como las alteraciones al entorno por el proyecto en sus diferentes fases. Enumera una serie de medidas correctoras

más comunes, el concepto de impactos residuales y un programa de vigilancia y control. Su mayor importancia radica en la descripción detallada de las acciones que los proyectos de grandes represas producen en cada una de las variables medioambientales.

- Banco Mundial: Esta entidad, como financiadora de proyectos, plantea una metodología de identificación y medición de los efectos producidos por un proyecto al medio ambiente. Indica la información precisa y el tipo de experiencia necesaria que se requieren para estudiar con profundidad los aspectos ambientales de los diferentes proyectos. (Conesa, 1995)

Las metodologías que se mencionan a continuación han sido encontradas en el proceso de revisión bibliográfica, las cuales se introducen dentro de este primer sistema de clasificación por su relación con la utilización de redes y gráficos.

- Guía metodológica de Conesa: Esta guía es a criterio del autor, la mejor desde el punto de vista pedagógico de abordaje de la EIA. Este propone una secuencia lógica muy completa, planteando en dependencia de la fase en la que se encuentre en el estudio, a valoraciones cualitativas y cuantitativas, el EsIA propiamente dicho, una evaluación simplificada y una detallada. Para la valoración cualitativa plantea seis fases correspondientes a: Análisis del proyecto y su análisis, Definición del entorno del proyecto, Previsión de los efectos que el proyecto generará sobre el medio, Identificación de las acciones del proyecto potencialmente impactantes, Identificación de los factores del medio potencialmente impactado y por ultima la Identificación de relaciones causa-efecto entre acciones del proyecto y factores del medio elaborando una matriz de importancia realizando una valoración cualitativa del impacto. Se refiere a una Evaluación simplificada cuando adiciona a las anteriores fases un proceso de participación pública, la emisión del informe

final y la decisión del órgano competente. La EIA Detallada comprenderá las fases anteriormente enunciadas pero introduciendo después de la valoración cualitativa, la predicción de la magnitud del impacto sobre cada factor, la valoración cuantitativa del impacto ambiental donde se incluye la transformación de medidas de impactos en unidades inconmensurables a valores conmensurables de calidad ambiental, y suma ponderada de ellos para obtener el impacto total, definiendo luego un plan de medidas correctoras, precautorias y compensatorias y un programa de vigilancia ambiental.

- Propuesta metodológica de León y Lopera: Estos autores, proponen la utilización de una metodología matricial para la identificación de los impactos ambientales, utilizando una matriz de doble entrada donde las columnas serán el conjunto de elementos del medio ambiente natural o cultural susceptibles de sufrir alteraciones en su estructura o funcionamiento y en las filas las actividades del proyecto que estas generan. La identificación de interacciones actividad-elemento se realiza mediante la utilización de un signo (+) cuando el medio se ve beneficiado y con un signo (-) cuando se ve perjudicado. Luego, se propone agrupar en impactos aquellas interacciones con idénticas características con el fin de no sobreestimar los impactos debido a que se incurra en múltiples conteos. Para la evaluación cuantitativa, se propone la utilización de la metodología de Arboleda (1994) la cual se basa en la obtención de un índice de calidad ambiental donde se ponderan los impactos dándole un peso a cada elemento de los componentes ambientales del proyecto.

✦ Sistemas cartográficos

- Superposición de transparentes: Consiste en una superposición de mapas de impacto que han sido obtenidos matricialmente en los que se

señala con gradaciones de colores los impactos indeseables. (Conesa, 1995)

- Mc Harg: Parte de una descripción ecológica del lugar, tratando de evaluar las posibilidades de ordenación o planificación y las consecuencias de estas sobre el medio ambiente. Se realiza un inventario mapificado del clima, geología histórica, fisiografía, hidrología, suelos, flora, fauna y uso actual del suelo, para luego de una interpretación en relaciones con las actividades objeto de localización, se realizan mapas específicos para cada una de estas actividades.

- Tricart: Este método opera mediante la interacción dinámica entre procesos y sistemas previamente identificados, analizados y localizados. Se alimenta con la cartografía de todos los elementos naturales resultando bastante útil para la ordenación de los recursos hídricos. (Conesa, 1995)

- Falque: Método similar al de McHarg, su diferencia estriba en una descomposición más amplia del análisis ecológico del territorio.

✦ **Análisis de sistemas**

Esta metodología pretende representar el funcionamiento del sistema "hombre-ambiente". Se deben trazar objetivos para alcanzar la resolución de problemas, así como soluciones alternativas para alcanzar los objetivos, las cuales se insertan en un cuadro formalizado que indicará la solución óptima.

✦ **Métodos basados en indicadores, índices e integración de la evaluación**

- Holmes: Plantea la evaluación como un juicio subjetivo de un equipo

evaluador. Los factores ambientales se clasificaran por orden de importancia, se comparan cualitativamente las variantes del proyecto por medio de un parámetro previamente seleccionado y se selecciona la mejor variante en función de su importancia y de su posición respecto a los factores ambientales. (Conesa, 1995)

- Universidad de Georgia: Analiza 56 componentes ambientales, en los cuales a cada uno se le asignan dos valores, uno para la situación actual y otro para la futura, permitiendo considerar en simultaneo las dos situaciones, formular soluciones alternativas y fortalecer la participación publica en la determinación del valor de los componentes ambientales.

- Hill-Schechter: Según Conesa (1995), este método parte de una reflexión critica de los métodos de análisis costo-beneficio, donde se evalúan globalmente los beneficios y costos sociales, reducidos a valores (precios) actuales. Cuando se puede concluir este análisis sin necesidad de darles un valor monetario se prescinde de ellos.

- Fisher-Davies: Consta de tres etapas: La primera que es *la evaluación de la situación de referencia* o preoperacional, que obedece a una puntuación (1 a 5) subjetiva de un equipo multidisciplinar. La segunda, que es la *matriz de compatibilidad* que relaciona los elementos importantes considerados en la etapa anterior y las acciones derivadas del proyecto, calificada también de 1 a 5, con los signos + o – según sea el impacto positivo o negativo.

✦ **Sistemas cuantitativos globales**

- Batelle-Columbus: Define una lista de 78 parámetros ambientales, los cuales se consideran por separado y su evaluación representa el impacto ambiental derivado de las acciones del proyecto. Estos parámetros se

ordenan según 18 componentes ambientales agrupados en cuatro categorías ambientales, en las cuales el primer nivel se denominara "categorías", el segundo "componentes", el tercero "parámetros" y el cuarto "medidas".

Estos parámetros ambientales deben ser fácilmente medibles en el terreno, representar la calidad del medio ambiente, responder a las exigencias del proyecto a evaluar, ser evaluables al nivel del proyecto y se exclusivos. Luego de determinar estos parámetros, se transformarán sus valores en unidades conmensurables, comparables utilizando técnicas de transformación. Las unidades de cada parámetro, se trasladan a una escala de 0 a 1 que representa el *índice de calidad ambiental*, en unidades conmensurables. Luego con las técnicas de transformación se ponderan estos parámetros en unidades de calidad ambiental. Sumando ponderadamente los factores, se obtiene el valor de cada componente, categoría y el valor ambiental total. Aplicando esta metodología a los escenarios situación preoperacional y de ejecución, se obtendrá por diferencia, el impacto neto del proyecto.

Se adicionan además algunos de los métodos específicos utilizados en el proceso de EIA.

- Escenarios comparados: Cuando existe información disponible de proyectos similares en cuanto a su entorno y a sus afectaciones, este se utiliza para realizar una comparación con el proyecto en estudio.

- Encuestas: Se utilizan para cuestionar a todas las personas u organismos afectados o beneficiados por el proyecto.

- Paneles o reuniones de expertos: Como la EIA es un proceso que involucra múltiples disciplinas, se convocan a expertos en cada una de las

áreas, planteándoles la problemática, quienes realizaran la identificación de los impactos que pueda producir el proyecto.

2.3.6 Recomendaciones metodológicas para los EsIA. En la literatura hay bastantes similitudes en cuanto a los métodos utilizados en la fase de identificación de impactos, ya que hacen una separación entre las actividades del proyecto que generan estos impactos y las variables medioambientales que pueden ser potencialmente afectadas. Las diferencias marcadas se encuentran en las metodologías utilizadas para la predicción y evaluación de los impactos.

Se recomienda como guía desde el punto de vista metodológico, la guía propuesta por Conesa (1995) para ser utilizada en los Estudios de Impacto Ambiental como componente de las Evaluaciones de Impacto Ambiental. Sin embargo, esta metodología está propuesta en un sentido amplio y con aplicación en el contexto español, por lo que se recomienda para nuestro contexto utilizar algunas recomendaciones de la metodología propuesta por León y Lopera (1999) como complemento de la anterior, así como las consideraciones que se presentan en el caso específico de represas propuesto por el MOPU (1989).

En los siguientes epígrafes, se intentan dar algunas recomendaciones específicas a partir de las metodologías anteriormente enunciadas, para las respectivas fases del estudio técnico en proyectos de represas.

Descripción del proyecto. El primer paso para la elaboración del estudio de impacto ambiental (EsIA), será una descripción general física del proyecto a realizarse, con los elementos básicos relevantes necesarios para el proceso, es decir toda la información técnica que permita en las posteriores fases la identificación y predicción de los impactos producidos por el proyecto al

medio ambiente receptor. Esta información dependerá del tipo de actividad que se vaya a realizar, por lo que resultaría innecesaria la descripción de las listas encontradas en la literatura abordadas de manera genérica, que además no varían unas de otras en su contenido, como lo son: las listas de la Sociedad Colombiana de Ingenieros (1993), lista de la Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología de México modificada por Weitzenfeld (1996), la realizada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (2001), entre otras. De manera específica se encontró en la literatura que para proyectos de represas existe una propuesta para la descripción del proyecto, que es la realizada por el MOPU (1989). A partir de la literatura consultada y retomando como base la propuesta específica española, el autor propone utilizar la siguiente guía:

A. GENERALIDADES

1 Ubicación física (anexar planos)

2 Justificación económica, social y ambiental del proyecto.

3 Plan de obra

4 Mano de obra necesaria

B. DATOS TÉCNICOS GENERALES

1 Localización del cierre

2 Cotas de embalse

2.1 Nivel de aguas normales (NAN)

2.2 Nivel de aguas máximas (NAM)

3 Capacidad de embalse

3.1 Normal

3.2 En avenidas

4 Superficie de inundación

4.1 Normal

4.2 En avenidas

5 Tipo de presa

5.1 Sistema constructivo y tipo de tecnología.

C. DATOS TÉCNICOS DEL CIERRE

1 Cota de coronación

2 Permeabilidad horizontal

3 Materiales empleados

4 Coronación

4.1 Estructuras de alumbrado existentes

4.2 Otro tipo de estructuras, casetas, etc.

4.3 Materiales

4.4 Ancho del camino

4.5 Frecuentación

4.6 Vías de acceso

D. DATOS HIDROLÓGICOS

1 Superficie de la cuenca aportadora

2 Ríos, afluentes y demás cauces afectados

3 Aportación media anual

4 Caudales de avenidas

E. ALIVIADEROS, DESAGÜES Y CONDUCCIONES

1 Desagües de fondo. Caudales

2 Aliviaderos

2.1 Tipo

2.2 Longitud

2.3 Caudales vertidos

2.4 Datos del cuenco o estructura amortiguadora

3 Canal de trasvase

3.1 Azudes presentes

4 Tomas

4.1 Número y tipo de tomas

4.2 Aportaciones derivadas

F. CANTERAS Y ESCOMBRERAS

1 Materiales necesarios para la construcción de las obras proyectadas

1.1 Tipo

1.2 Volúmenes

2 Canteras y graveras ya existentes

2.1 Materiales

2.2 Capacidad de la cantera

2.3 Grado de utilización

3 Canteras y graveras previstas

3.1 Breve descripción

3.2 Localización (planos)

3.3 Tipo de residuos

3.4 Cantidad (volumen y densidad)

3.5 Movimiento de tierras a realizar

3.6 Lugar previsto para el vertido y ritmo de ocupación

4 Vías de acceso

4.1 Temporales

4.2 Definitivos

Delimitación del entorno del proyecto y su escala de aplicación. Teóricamente, los límites geográficos están definidos como aquellos que comprenden todas las zonas afectadas por las actividades inherentes a un proyecto. La delimitación geográfica del entorno es compleja debido a la cantidad de variables que están involucradas, lo importante es que el proyecto sea concebido, evaluado y administrado como un sistema (MOPU, 1989), con el fin de tener en cuenta cada una de las variables, para tal

efecto Conesa (1995) sugiere que cada experto establezca el área de influencia para cada factor estudiado dentro de su especialidad.

Definir la escala de aplicación de la información de un proyecto es complejo, porque ésta depende de las condiciones del territorio de proyecto y de la fase en la cual se encuentre el estudio, para lo cual el MOPU (1989) recomienda:

FASE DE PLANIFICACIÓN: En dependencia de las características del terreno, una escala entre 1:400000 a 1:200000

FASE DE ANTEPROYECTO: Aproximadamente 1:10000

FASE DE PROYECTO: La sitúa entre 1:25000 a 1:5000

Descripción de la situación medioambiental inicial. La descripción de la situación medioambiental inicial, reconocida también en la literatura como "Línea Base", dará la información de referencia de las condiciones actuales del entorno con el fin de determinar los posibles impactos y su magnitud que ocasionará la ejecución del proyecto al ser comparada con el estado final previsto.

Esta descripción, será un inventario de los factores característicos del medio, por lo que deberá recopilarse la mayor cantidad de información representativa posible, es decir un estudio completo del entorno, para ello se tendrán en cuenta los componentes ambientales tanto del medio físico como del socioeconómico. (Cuadro 8)

Cuadro 8. Componentes ambientales

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL
MEDIO FÍSICO	M. INERTE	Aire
		Clima
		Agua
		Suelo
	M. BIÓTICO	Fauna
		Vegetación (Flora)
	M. PERCEPTUAL	Unidades de paisaje
MEDIO SOCIOECONÓMICO (HUMANO)	M. SOCIO CULTURAL	Usos del territorio
		Cultural
		Infraestructuras
		Humanos y Estéticos
	M. ECONÓMICO	Economía
		Población

Identificación y predicción de impactos. Como se mencionaba anteriormente la metodología recomendada para la EIA será la utilizada en la guía propuesta por Conesa (1995).

En la realización de la valoración cualitativa, se utiliza una matriz de impactos de tipo causa-efecto, consistente en cuadro de doble entrada donde las columnas serán las acciones impactantes y en las filas los factores medioambientales susceptibles de recibir impactos. Para ello, deberán identificarse las acciones que pueden causar impactos, sobre una serie de factores, es decir una matriz de identificación de efectos. (Cuadro 9)

La identificación de los factores ambientales del entorno susceptibles de ser afectados, obedece temáticamente, al entorno que esta constituido por elementos y procesos interrelacionados, los cuales pertenecen a los

siguientes sistemas: Medio Físico y Medio Socio-Económico, y subsistemas (Medio Inerte, Medio Biótico y Medio Perceptual por una parte y Medio Socio-Económico, que comprende lo cultural, por otra). (Cuadro 9)

Cuadro 9. Matriz de identificación de efectos.

FACTORES DEL MEDIO	ACCIONES DE LA ACTIVIDAD					
	A_1	A_2	,	,	,	A_n
F_1	X				X	
F_2			X			
,	X	X				
,		X			X	
,				X		
F_n						X

Luego de esta identificación de factores, es conveniente conocer su estado de conservación actual, antes de acometer el proyecto, o sea la calidad ambiental del entorno que puede verse alterado, conocido como valor ambiental. Estos factores en ocasiones pueden ser cuantificables de una forma directa (Ej. Concentración de fosfato para medir la cantidad de fosfato en el agua) o de manera indirecta a través de indicadores o modelos que pretenden cuantificar el factor (Ej. Índices de calidad del agua y del aire, etc). En los casos en que no pueden ser cuantificados estos factores se trata de utilizar criterios cualitativos lo mas objetivos posibles, que en caso de no permitirse tendrá que recurrirse a la subjetividad.

Después de las fases anteriormente descritas, se realiza la matriz de importancia, no sin antes efectuar una previsión y valoración de las posibles alteraciones, describiendo y analizando los factores mas importantes, justificando el por qué merecen una determinada valoración.

La importancia del impacto se representa por un número deducido mediante el modelo propuesto por Conesa (1995), (Cuadro 10). Cuando este valor arroja valores de importancia inferiores a 25 indica que los impactos son despreciables o irrelevantes, cuando arroja valores entre 25 y 50 indica impactos moderados, cuando arroja valores entre 50 y 75 serán severos y serán críticos cuando sean mayores de 75.

En las casillas donde ocurren los impactos más importantes, es decir los de puntuación alta, Conesa (1995) propone colocar Banderas Rojas como alerta, para tener en cuenta estos efectos y buscar alternativas en el proyecto que eliminen la causa y mitiguen las afectaciones. Luego de este procedimiento, esta metodología propone realizar una matriz depurada en la que se hace un tratamiento por bloques dependiendo de su relevancia y posibilidad de cuantificación. Para ello distingue cuatro bloques principales:

- Casillas de cruce que presentan efectos con valores poco relevantes y que en los EsIA no interesa tener en cuenta.

- Casillas de cruce que presentan efectos cualitativos que corresponden a factores de naturaleza intangible y para los que no se dispone de un indicador razonablemente representativo. Estos se excluyen del proceso de cálculo, pero se tienen en cuenta de manera paralela en la evaluación, para la posterior toma de decisiones.

- Casillas que representan efectos sumamente importantes y determinantes. Estos se excluyen del proceso de cálculo, pero se tienen en cuenta de manera paralela en la evaluación, para la posterior toma de decisiones.

- Casillas de cruce que presentan efectos normales, es decir los que no

están en los anteriores bloques. Estos efectos son los que quedan incluidos en el proceso de cálculo.

Cuadro 10. Importancia del impacto (Tomado de Conesa (1995)).

NATURALEZA		**INTENSIDAD (I)** **(Grado de destrucción)**	
Impacto beneficioso	+	Baja	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX) **Área de influencia)**		**Momento (MO)** **(Plazo de manifestación)**	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Critico	(+4)
Critica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE) **(Permanencia de la manifestación)**		**REVERSIBILIDAD (RV)**	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI) **(Regularidad de la manifestación)**		**ACUMULACION (AC)** **(Incremento progresivo)**	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
EFECTO (EF) **(Relación causa-efecto)**		**PERIODICIDAD (PR)** **(Regularidad de la manifestación)**	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
RECUPERABILIDAD (MC) **(Reconstrucción por medios humanos)**		**IMPORTANCIA (I)**	
Recuperable de manera inmediata	1		
Recuperable a medio plazo	2	**I** = (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)	
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Ya en esta fase se realiza una valoración cualitativa de cada una de las acciones que han sido causa de impacto y a su vez de los factores ambientales que han sido objeto de impacto. La suma algebraica de la importancia de cada elemento por columnas, identificará la agresividad de las acciones. A valores altos positivos indicara acciones beneficiosas, a valores altos negativos acciones muy agresivas y a valores bajos negativos acciones poco agresivas. Para finalizar esta valoración cualitativa, se presenta un resumen explicativo, donde se dará importancia a aquellas acciones más agresivas.

La valoración cuantitativa del impacto ambiental, utiliza una metodología matricial basada en la matriz de importancia realizada en la valoración cualitativa, adicionándole a estas nuevas columnas correspondientes, tres para predicción, cinco siguientes para valoración, las siete siguientes para corrección y dos para impacto final. (Ver Anexo C)

A partir de la matriz de importancia, donde se han elegido los factores más representativos, se hará la predicción, por medio de los indicadores de impacto, expresión que indica la medida de un factor, pueden ser cuantificables directamente cuando esta expresión es de tipo cuantitativo, cuantificables indirectamente cuando hay que recurrir a modelaciones del factor, es decir utilizando indicadores de impacto ambiental, y en otros casos que no existen indicadores cuantificables hay que recurrir a otros parámetros en términos de los cuales se puede realizar la medición del factor. La predicción cuantificada de la magnitud de cada efecto será desarrollada por especialistas de cada factor ambiental, y las unidades de estos serán heterogéneas, por lo que no podrán hacerse comparaciones entre factores, ni operaciones de adición o sustracción de manera directa (magnitudes inconmensurables). (Conesa, 1995)

En la fase anterior, se previo la magnitud de los impactos producidos por las acciones del proyecto sobre el entorno. Ahora, se hará la valoración de impactos, para cuantificar en que medida los efectos, uno a uno, van a sufrir variación entre las situaciones sin proyecto y con proyecto. Para realizar una valoración global de los impactos, será necesario homogeneizar las diferentes unidades de medida de los factores, para lo que se utilizan funciones de transformación (Ver Figura 1), las cuales expresan la relación para cada factor ambiental entre su magnitud en unidades inconmensurables y la calidad ambiental. Para obtener las funciones de transformación Conesa (1995), sugiere los siguientes pasos:

- Partir de la máxima información que relacione el factor considerado con la calidad medioambiental, tanto científica, como de la normativa legal y de las preferencias sociales en la materia.

- En el eje de abscisas, crear una escala de tal manera que el menor valor posible coincida con el cero y el máximo con el extremo derecho de la grafica.

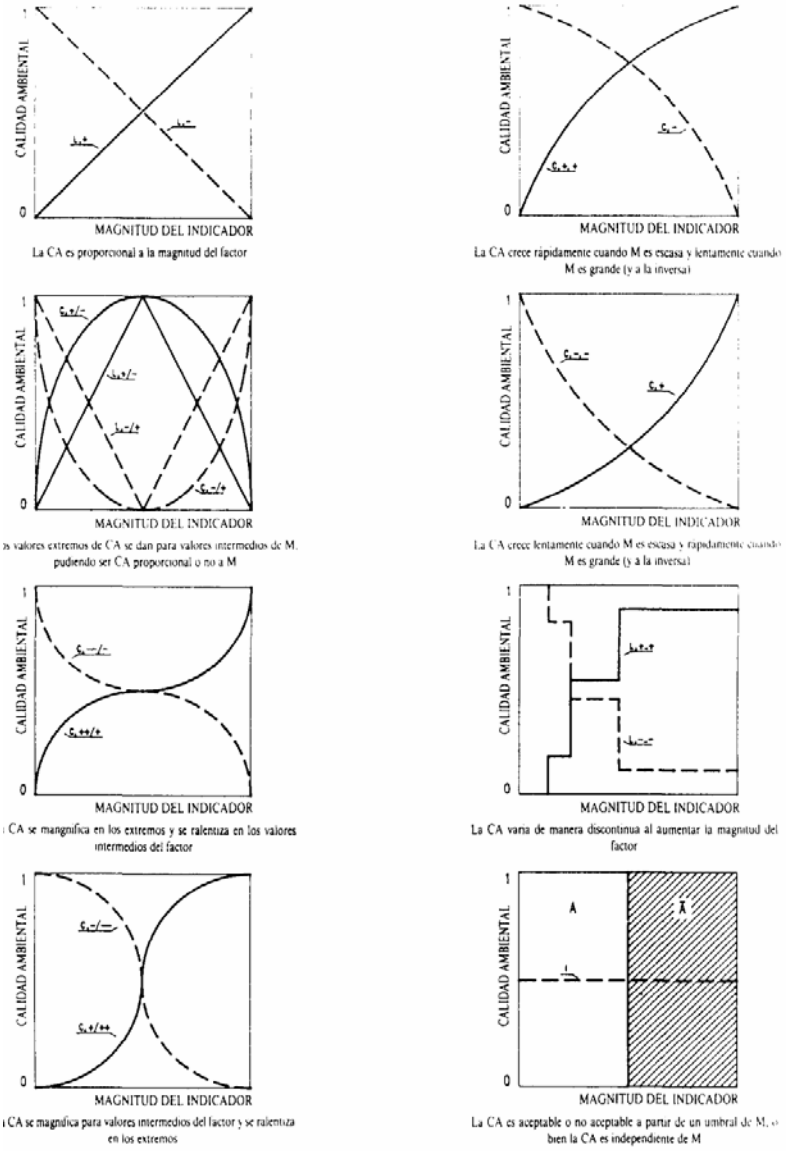
- En el eje de ordenadas, situar la Calidad Ambiental (C.A) en el origen, C.A = 0 y C.A = 1 en el extremo superior de la grafica, dividiendo el segmento en partes iguales.

- Dibujar la función, expresando la relación entre los intervalos anteriores y la magnitud del efecto sobre el factor

- Repetir el proceso con distintos expertos, promediando los resultados.

- Realizar por segunda vez el proceso con otro grupo de expertos distinto, en el caso de desear una mayor fiabilidad de la función.

Figura 1. Formas básicas de las funciones de transformación. (Tomado de Conesa, 1995)



Con los valores de calidad ambiental estudiados, para la situación sin proyecto y la situación con proyecto, obtenidos anteriormente con las funciones de transformación, se realiza la diferencia entre estos, obteniéndose el valor del impacto en unidades conmensurables.

El siguiente paso en la metodología recomendada es, valorar el impacto sobre un factor determinado, a partir de la importancia del mismo. Los valores de importancia se trasladan a una escala de 0 a 1, de manera que a cada factor le corresponde una importancia de la relación del factor sobre el máximo valor de las importancias (I_j / I_{max}). Para determinar el valor total del impacto (V_j) sufrido por cada factor del medio debido a las acciones sobre este, se plantea la expresión:

$$V_j = \left(\frac{I_j}{I_{\max}} \times M_j{}^2 \right)^{1/3}$$ donde,

V_j = Valor total del impacto sufrido por cada factor j, del medio, consecuencia del conjunto de las acciones de la actuación o proyecto sobre el factor considerado.

I_j = Importancia del impacto de cada elemento tipo

I_{max} = Máximo valor de las importancias

M_j = Magnitud total del impacto

Luego de obtener el valor total del impacto, se realiza una ponderación de la importancia relativa de los factores, con el fin de reflejar la importancia relativa entre unos factores y otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del Medio Ambiente. Para ello, se atribuye a cada factor un peso o índice ponderal, expresado en “unidades de importancia” (UIP). La metodología propuesta para realizar esta ponderación es a través de consultas a paneles de expertos a través de un determinado tipo de encuestas.

Finalmente el impacto ambiental total, se hallara primero, multiplicando el valor del impacto sobre cada factor por su índice ponderal o coeficiente de ponderación para hallar el impacto total producido sobre cada factor y luego realizando una suma de manera ponderada se obtendrá el impacto sobre los

componentes ambientales, subsistemas, sistemas ambientales, y el impacto ambiental total causado por el proyecto al entorno.

Plan de manejo ambiental (PMA). El PMA se convierte en un instrumento de suma importancia en el proceso de evaluación ambiental del proyecto, ya que en él, están contempladas las directrices para que las actividades del proyecto armonicen lo mejor posible con el medioambiente receptor.

El PMA comprende medidas tendientes a prevenir, mitigar, corregir o compensar los posibles impactos negativos que producirán las actividades de un proyecto en el entorno ambiental, así como incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir.

La legislación colombiana, en el decreto 1753 (1994) en su primer capítulo, define las anteriores medidas.

- Medidas de Prevención: Son obras o actividades encaminadas a prevenir y controlar los posibles impactos y efectos negativos que pueda generar un proyecto, obra o actividad sobre el entorno humano y natural.

- Medidas de Mitigación: Son obras o actividades dirigidas a atenuar y minimizar los impactos y efectos negativos de un proyecto, obra o actividad sobre el entorno humano y natural.

- Medidas de Corrección: Son obras o actividades dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado.

- Medidas de Compensación: Son obras o actividades dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones y localidades por los impactos o efectos negativos que no puedan ser evitados, corregidos o satisfactoriamente mitigados.

Luego de introducidas estas medidas se realizará una valoración de los posibles impactos que estas puedan tener, para determinar su justificación.

Programa de Seguimiento y Control. El principal objetivo del programa de seguimiento y control, es garantizar el cumplimiento del plan de manejo ambiental. Este procedimiento es reconocido como uno de los más importantes componentes de la planificación, así como del diseño de programas de gestión ambiental.

La importancia de este programa radica en comprobar la severidad y distribución de los impactos negativos y especialmente, cuando ocurran impactos no previstos, asegurar el desarrollo de nuevas medidas mitigadoras o las debidas compensaciones donde ellas se necesiten (MOPU, 1989). Se plantea el control como requisito indispensable para verificar el cumplimiento de aplicación de los planes y programas propuestos.

El estudio de impacto ambiental debe incluir una fase de recolección sistemática de datos y de organización de la información necesaria para seguir la evolución de los impactos ambientales en el tiempo. El propósito que persigue el establecimiento de un programa de seguimiento es, por tanto, múltiple y podría sintetizarse en los siguientes puntos (MOPU, 1989-Espinoza, 2001):

- Comprobar que las medidas propuestas en el estudio de impacto ambiental se han realizado.

- Proporcionar información que podría ser usada en la verificación de los impactos predichos y mejorar así las técnicas de predicción.

- Proporcionar información acerca de la calidad y oportunidad de las medidas de mitigación adoptadas.

- Comprobar la cuantía de ciertos impactos cuando su predicción resulta difícil.

- Articular nuevas medidas en el caso de que las aplicadas no sean suficientes.

- Ser una fuente importante de datos para mejorar el contenido de futuros estudios de impacto ambiental, puesto que permite evaluar hasta que punto las predicciones efectuadas son correctas. Muchas de las predicciones ambientales se efectúan mediante la técnica de escenarios comparados y por ello, es relevante este tipo de información.

- Detectar alteraciones no previstas en el estudio de impacto ambiental, debiendo en este caso adoptarse nuevas medidas.

Según Espinoza (2001) un adecuado **programa de seguimiento** tiene las siguientes fases para cumplir con sus propósitos:

- *Objetivos.* Los objetivos deben permitir la identificación de los aspectos afectados, los tipos de impactos y los indicadores necesarios. Para que el programa sea efectivo, el marco ideal es que éstos últimos sean pocos, fácilmente medibles y representativos de cada ambiente afectado.

- *Recopilación y análisis de los datos.* Este aspecto incluye la recopilación de los datos, análisis de su calidad, almacenamiento y acceso y su clasificación por variables. La recolección de datos debe tener una frecuencia temporal adecuada que dependerá de la variable que se esté controlando.

- *Interpretación.* El aspecto más importante de un programa de seguimiento es la interpretación de la información recogida. Para ello deben despejarse

los cambios asociados a la variabilidad natural de aquellas alteraciones provocadas por acciones humanas. Medir la desviación respecto a estados anteriores no es totalmente válida; hoy en día se conoce que los sistemas tienen fluctuaciones de diversa amplitud y frecuencia, pudiendo darse la paradoja de que ellas sean producto de cambios naturales. Las dos técnicas posibles para interpretar los cambios son: tener una base de datos para un período de tiempo importante anterior al proyecto, o establecer un control en zonas testigos similares.

- *Retroalimentación de los resultados.* Los resultados obtenidos pueden modificar los objetivos iniciales. Por ello, el programa de seguimiento debe ser flexible y encontrar un punto de equilibrio entre la conveniencia de no efectuar cambios para lograr series temporales lo más largas posibles y la necesidad de modificar el programa con el fin de que refleje adecuadamente la problemática ambiental.

Para la instrumentación y operación (aplicación del programa) se plantean las siguientes fases en su desarrollo (MOPU, 1989-Espinoza, 2001):

Análisis de datos:

• Recolectar los datos
• Determinar el nivel de acción y de impacto.
• Definir la localización de acciones e impactos.
• Determinar la duración de acciones e impactos.
• Correlacionar datos de actividades e impactos.

Evaluación de la significación de los niveles de impacto:

• Identificar tendencias de impactos, así como la tasa de cambio o de incremento si se produjera.

• Identificar impactos que excedan de niveles establecidos.

• Evaluar la eficacia de las medidas correctoras.

Programa de respuesta a las tendencias detectadas, con detenimiento o modificación de las actividades causantes y corrección de los impactos adicionales.

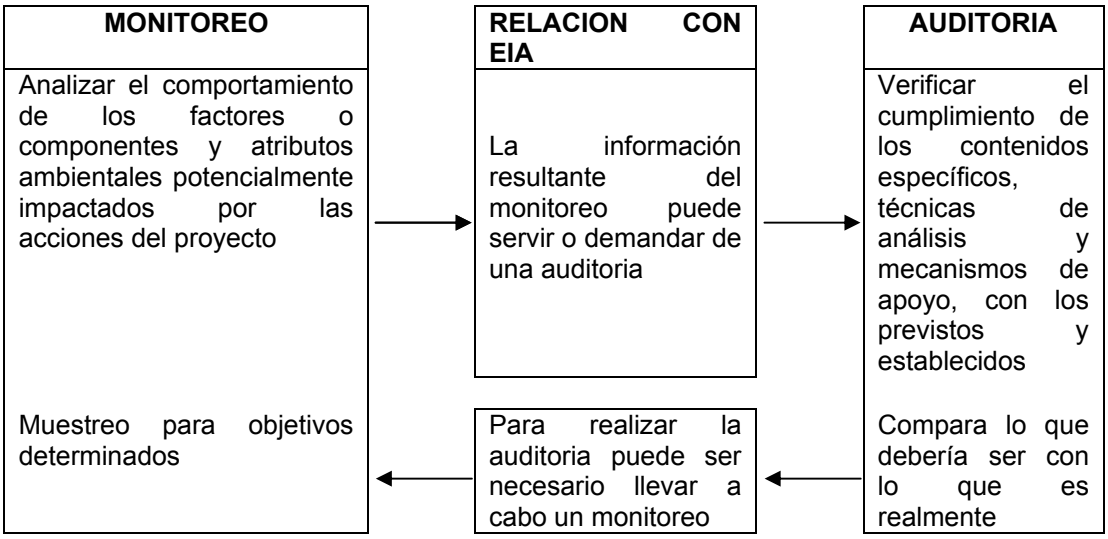
Preparación de informes periódicos con:

• Niveles de impactos que resultan del proyecto.
• Eficacia observada de las medidas aplicadas.
• Exactitud y corrección del estudio de impacto ambiental realizado.
• Perfeccionamiento y adaptación del plan.

El Programa de control o supervisión ambiental corresponde a la interventoria o auditoría ambiental, a que debe ser sometido el proyecto para verificar el cumplimiento del plan de manejo ambiental y del programa de seguimiento y monitoreo, de acuerdo con los objetivos trazados y la normatividad vigente. Debe diferenciarse claramente del monitoreo o programa de seguimiento y control (Ver Cuadro 11)

Las auditorías ambientales se han establecido en muchos países como un procedimiento legalmente establecido, pudiendo ser realizado por la misma empresa a través de sus empleados o contratación de externo, o ser realizado por organismos estatales designados por la administración que en la mayoría de los casos es la máxima autoridad ambiental.

Cuadro 11. Resumen de actividades especificas de monitoreos y auditorias y su relación con la EIA



Para la realización de una auditoría ambiental se plantea la siguiente metodología basada en un análisis comprendido en seis etapas[1]:

Fase I: Preparación de las auditorías

- Identificación del proyecto (represa) y su administración.
- Definición de la cobertura de la Auditoría (integral o parcial)
- Formación del equipo de auditores en función de los requerimientos
- Identificación de escenarios comparables
- Planificación de actividades
- Elaboración del cronograma de visitas y actividades
- Realización de visitas preliminares de acercamiento
- Valorización de la investigación

[1] Tomado y adaptado de Espinoza (2001)

Fase II: Generación de información

- Recolección de datos e información con listas de revisión

- Elaboración y llenado de nuevas listas de revisión para sectores específicos que deben ser detallados en cuanto a tecnologías de procesos, de tratamiento, de valores límites así como la organización del manejo ambiental de la represa

- Elaboración de un estudio histórico del emplazamiento de la represa y de los posibles daños hacia el suelo, aguas superficiales y subterráneas, o aire, que aporten antecedentes sobre situaciones pasadas.

Fase III: Evaluación de los datos e información recabada

- Comparación del deber y haber según los estándares legales

- Determinación de los impactos ambientales de la represa hacia el entorno

- Proposición de medidas inmediatas

- Priorización de las acciones o elementos que afecten al ambiente para profundizar su investigación

Fase IV: Adecuación ambiental desde el punto de vista técnico y organizativo

- Proposición de alternativas tecnológicas disponibles para evitar daños ambientales

- Proposición de posibilidades de sustitución de acciones que estén ocasionando impactos

- Proposición de alternativas para mejorar la calidad de las aguas, estabilidad de laderas, erosión, sedimentación, etc.

Fase V: Definición de costos. Corresponde al estudio de costos asociados y a las alternativas de financiamiento de las recomendaciones registradas en el dictamen de la fase anterior

Fase VI: Preparación del informe. Comprende la elaboración del documento final que debe contener las recomendaciones obtenidas del análisis de las fases anteriores y ser dirigida al órgano administrador de la represa.

Plan de participación ciudadana. Es muy importante dentro del proceso de EIA involucrar a todos los factores que se verán afectados con la ejecución del proyecto, pues hay que tener presentes los grandes impactos que han producido las represas en el mundo a la población. La participación ciudadana resulta un procedimiento prioritario para: facilitar la prevención y resolución de los conflictos que se puedan generar entre población y proyecto; contribuir a una mayor transparencia en la toma de decisiones, permitir una interacción favorable entre las acciones humanas y la protección del medio ambiente, con la calidad de vida y con los intereses de la ciudadanía. Para ello es necesario que la población se informe, consulte, participe y verifique las decisiones ambientales del proyecto.

Espinoza (2001) plantea unos contenidos generales para realizar el plan de participación ciudadana, como sigue:

• Programa de actividades

• Requisitos de personal técnico y administrativo y de apoyo

• Requisitos presupuestarios y financiamiento

• Técnicas de recolección de información

• Técnicas de difusión y comunicación

• Identificación de las oportunidades claves para la participación ciudadana en el proceso de evaluación de impacto ambiental

Los resultados que se obtengan de la realización del plan de participación deberán incluirse en el Estudio de Impacto Ambiental denotando todas las actividades llevadas a cabo, los participantes, el tipo de técnicas utilizadas y una evaluación del plan para determinar los logros obtenidos y las dificultades tenidas.

Entre las técnicas que se pueden utilizar se pueden encontrar las entrevistas, asambleas comunales, encuestas, foros consultivos, reuniones informativas, utilización de medios de información como folletos, revistas, carteles radio, televisión, etc.

Informe final. El último paso en el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental será la comunicación de todos los aspectos estudiados en las fases anteriores, los contenidos de este informe varían de acuerdo con la legislación aplicable. De forma genérica se presenta una adaptación realizada por Conesa (1995) al de la NEPA[2].

[2] National Environmental Policy Act (Ley de la Política Ambiental Nacional de los Estados Unidos)

Resumen:

- Introducción y discusión de la acción proyectada
- Estudio del medio en la situación preoperacional (Línea de base general)
- Descripción del Proyecto (diseño, ejecución, funcionamiento, abandono)
- Acciones que pueden actuar sobre el medio en las distintas fases del mismo.
- Factores susceptibles de recibir impactos.
- Impactos probables sobre el medio.
- Alternativas a la acción proyectada.
- Mayores impactos y medidas para minimizarlos.
- Impactos negativos que no pueden evitarse o de costosísima corrección.
- Relaciones entre la utilización a corto plazo de los recursos ambientales y la productividad a largo plazo.
- Usos irreversibles o insustituibles de recursos.
- Comentarios recibidos en el proceso de la investigación o de la realización del EsIA.
- Discusión de los resultados obtenidos en la valoración cualitativa y cuantitativa. Impacto ambiental residual.
- Propuesta y programa, en su caso, de estudios complementarios y de detalle necesarios.

- Conclusiones

- Programa de Vigilancia Ambiental

3. METODOLOGÍA PROPUESTA PARA LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EN REPRESAS

3.1 INTRODUCCIÓN: NECESIDAD DE LA REALIZACIÓN DE UN DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Las condiciones de desarrollo de la región Latinoamericana, han hecho necesaria la construcción de represas a través de los tiempos, debido a la falta de recursos y tecnologías para implementar otra solución para el uso del agua en la producción de energía, abastecimiento, agricultura, ganadería y prevención de inundaciones. La mayoría de estas construcciones fueron concebidas con criterios meramente técnicos, sin atender a los efectos que pudieran producir al medio ambiente, característica que las ubica en una posición contraria a la gestión ambiental, concebida en la actualidad dentro del desarrollo sostenible. Además, los impactos que este tipo de construcciones generan al entorno son numerosos en cualquiera de sus fases. En el caso de la fase de explotación los efectos que se dan son principalmente en los cuerpos de agua causando problemas a la sociedad. Para llevar a cabo entonces una adecuada gestión ambiental y del recurso hídrico, se hace necesario realizar una evaluación ambiental de este tipo de proyectos específicos.

Según Conesa (1995), “La Evaluación de Impacto Ambiental puede incorporarse al proceso general de toma de decisiones en distintos niveles temporales y conceptuales que encuadran la programación o actividad del proyecto o actividad. De esta manera, pueden surgir distintos “escalones”, desde efectuarse en una etapa previa de planificación (enfoque adaptativo) hasta hacerlo en la etapa de anteproyecto, en la de proyecto (enfoque simiadaptativo), en la de ejecución o en la de explotación (enfoque reactivo)”.

En lo concerniente al presente estudio se abordara la evaluación desde un enfoque reactivo, por realizarse a proyectos en su fase de explotación. Sin embargo, la EIA está concebida como una herramienta predictiva con el objetivo de tomar decisiones de la conveniencia o no, de un proyecto a ser ejecutado, como lo contemplan la mayoría de normas vigentes en la región, por lo que en adelante, al enfoque reactivo de la EIA, se le denominará Diagnóstico Ambiental, para no mezclar terminologías que puedan confundir en un determinado momento.

Los Diagnósticos Ambientales se reconocen en la actualidad como una herramienta vital dentro de los Sistemas de Gestión Ambiental. En los países desarrollados este proceso se ha estado llevando a cabo, teniéndose una buena base de datos de las experiencias obtenidas en estos estudios, que en su mayoría han encontrado alarmantes situaciones de afectación al entorno de la obra. Estos resultados se traducen hoy, en una tendencia a la desmantelación sobre todo de grandes represas y el estancamiento de su proyección. En los países de la región han sido limitadas las experiencias en este sentido, haciendo necesario su aplicación en procura de una adecuada utilización de los recursos, principalmente el hídrico.

Se aborda, entonces en este capitulo, una propuesta de metodología para la realización de un Diagnostico Ambiental en represas. Se dan unas recomendaciones para realizar este proceso desde el mismo momento de recoger la información, pasando por la identificación de los impactos hasta la formulación de medidas correctoras y mitigadoras, y la elaboración de planes de seguimiento y control, para la redacción de un documento final donde este contemplado de forma clara y concisa todo el procedimiento realizado.

3.2 LEGISLACION APLICABLE

La legislación es un componente esencial en cualquier estrategia ambiental. Para que logre en realidad desempeñar tal papel, la legislación ambiental debe ser eficiente y eficaz. Incluye la Ley Marco y demás regulaciones legales destinadas a proteger el medio ambiente, incluidas las normas técnicas en materia de protección ambiental. (Agencia de Medio Ambiente (AMA), Cuba)

En legislaciones como la española (R.D. 1131/88) es permitido elaborar el Estudio de Impacto Ambiental en cualquier fase del proyecto, no obstante, en nuestro contexto, la legislación es clara al determinar que la Evaluación de Impacto Ambiental y por ende los Estudios de Impacto Ambiental se realizaran en un "un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo" (Ley No. 81 del Medio Ambiente de Cuba, 1997) o "Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial." (Ley 99 de 1993 de Colombia).

Las Constituciones Políticas de los países de la región han sido adaptadas para involucrar dentro de su proceso de desarrollo económico y social, las orientaciones según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro (1992) sobre el Medio Ambiente y Desarrollo. Teniendo en cuenta estos criterios se han creado las condiciones legales para la implementación de mecanismos que tiendan a su cumplimiento.

La República de Cuba, contempla en su Constitución (Artículo 27):

"El Estado protege al Medio Ambiente y los Recursos Naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones futuras. Corresponde a los órganos competentes aplicar esta política. Es deber de los ciudadanos contribuir a la protección del agua, la atmósfera, la conservación del suelo, la flora, la fauna y todo el uso potencial de la naturaleza."

La Ley No. 81 del Medio Ambiente de Cuba (1994) como máxima legislación en la materia, en su Titulo II: Marco Institucional estipula que el *Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, es el organismo de la Administración Central del Estado encargado de proponer la política ambiental y dirigir su ejecución sobre la base de la coordinación y control de la gestión ambiental del país, propiciando su integración coherente para contribuir al desarrollo sostenible.*

Con atención a lo anterior, este ministerio en el desarrollo de su **Estrategia Ambiental Nacional,** expresión de la política ambiental y el **Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo** como proyección concreta de la política ambiental, debe entre otras de sus atribuciones: Controlar y perfeccionar sistemáticamente estos, y otros programas y estrategias requeridos para el desenvolvimiento de su función rectora. Uno de lo programas estipulados es la **Gestión ambiental** concebida como el: "conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera. La gestión ambiental aplica la política ambiental establecida mediante un enfoque multidisciplinario, teniendo en cuenta el acervo cultural, la experiencia nacional acumulada y la participación ciudadana."

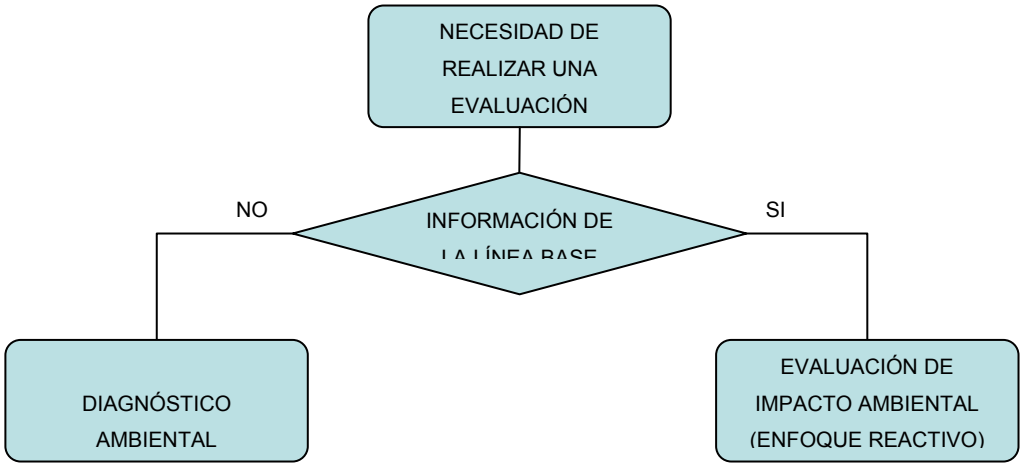
El CITMA como máximo órgano ambiental en el país según resolución 27/2000 establece ejecutar Diagnósticos Ambientales para la obtención del Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN) a las diferentes organizaciones.

Para el establecimiento de un Sistema de Gestión Ambiental es aplicable NC-ISO 14000 así como la NC-ISO 9000 para la implantación de un Sistema de Gestión de Calidad.

3.3 ESQUEMA METODOLOGICO

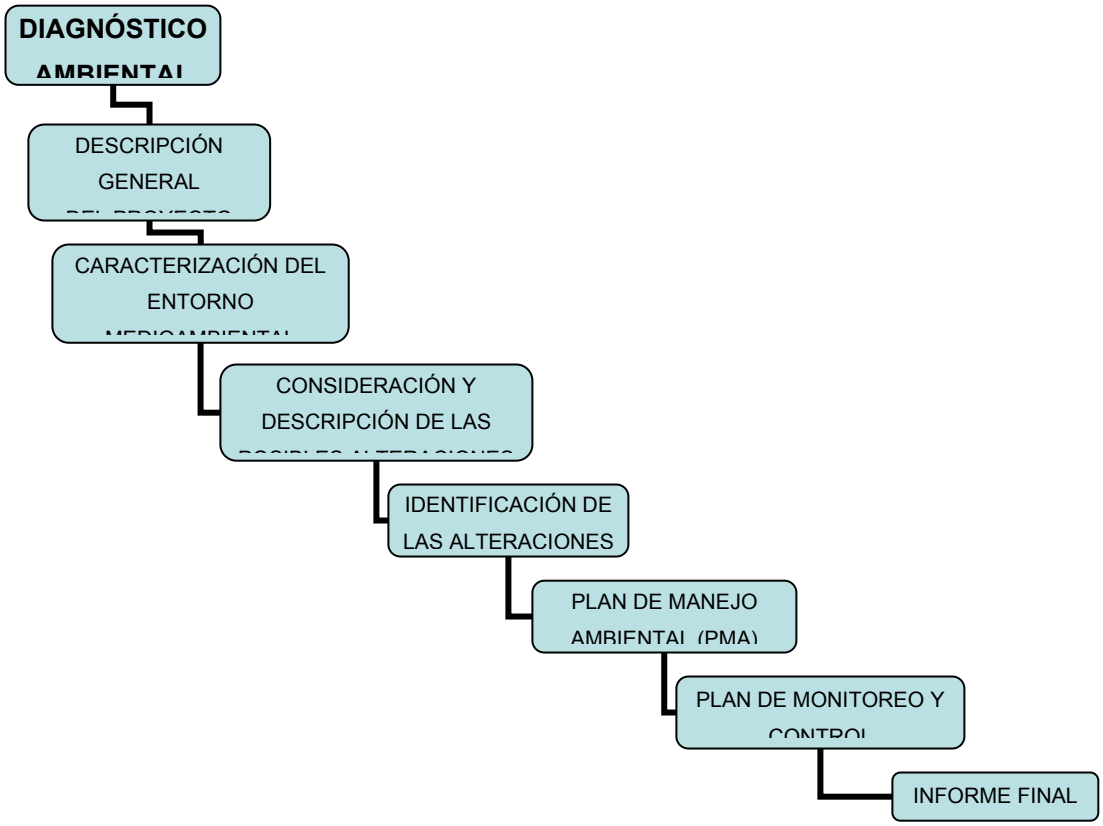
En la región es muy común no encontrar la información necesaria para establecer la magnitud de los impactos ocasionados por las obras ejecutadas, por lo que se presentan dos variantes. La primera que es el caso de tener los datos de la situación del entorno en el momento en que se planeó el proyecto (línea base), posibilidad muy remota, que de existir se seguiría una metodología similar a la de una Evaluación de Impacto Ambiental, sin embargo, generalmente este escenario suele no presentarse, para lo que hay que abordar una segunda, que sería la del Diagnostico Ambiental. (Figura 2)

Figura 2. Diagrama de flujo para la realización de una evaluación ambiental



Desde el punto de vista práctico y pedagógico, es útil identificar una serie de fases o etapas en la metodología a desarrollar. Se presenta entonces un esquema de la metodología a seguir. (Figura 3)

Figura 3. Esquema metodológico para la realización de un diagnostico ambiental



La Metodología para la realización del Diagnostico ambiental empieza por una descripción general del proyecto, considerando las principales alteraciones que se presentan en el entorno por las represas en su fase de explotación, llevando a cabo una caracterización medioambiental de la zona, utilizando técnicas sencillas para la identificación de los impactos y a partir del análisis de estas, determinar en que variables es necesario utilizar métodos específicos para un estudio más profundo, con la proyección de formular un plan de medidas

correctoras y un programa de vigilancia y control, concluyendo con un informe final donde estén contenidas las anteriores fases del diagnóstico. Debe resaltarse que al ejecutarse las propuestas dadas por este procedimiento existe una interrelación entre las medidas correctoras y el programa de vigilancia y control.

3.4 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

Corresponde a toda la información de los elementos físicos del proyecto, es decir toda la información técnica que pueda indicar los componentes de la obra que han afectado o están afectando posiblemente al medio.

De manera esquemática se dan los elementos físicos principales a ser descritos, intentando realizar una descripción lo mas completa posible de la obra.

A. DATOS GENERALES
1 Ubicación física (anexar planos)
2 Objetivos de la obra
3 Tipo de represa (reguladora, derivadora, etc)
4 Nivel de importancia de la obra
5 Vías de acceso
6 Fechas de construcción y puesta en explotación
7 Estado de conservación

B. DATOS TECNICOS
1 Localización del cierre
2 Cotas de embalse
2.1 Nivel de aguas normales (NAN)
2.2 Nivel de aguas máximas en avenidas (NAM)

2.3 Nivel de aguas mínimo o muerto (NM)

3 Capacidad de embalse

3.1 Normal

3.2 Máximo (Avenidas)

3.3 Muerto

4 Superficie de inundación (lámina de agua)

4.1 Normal

4.2 Máximo (Avenidas)

4.3 Muerto

5 Presa (Cortina)

5.1 Tipo de presa

5.2 Material

5.3 Longitud

5.4 Ancho y cotas de la base y corona

5.5 Altura máxima

5.6 Pendiente y revestimiento de taludes

5.7 Drenaje

C. DATOS HIDROLOGICOS

1 Superficie de la cuenca aportadora

2 Ríos, afluentes y demás cauces afectados

3 Escurrimiento medio anual

4 Caudales de avenidas

D. ELEMENTOS DE LA OBRA

1 Aliviadero

1.1 Tipo

1.2 Longitud

1.3 Caudales vertidos

1.4 Datos del cuenco amortiguador

2 Obras de toma

2.1 Número y tipo de tomas

2.2 Aportaciones derivadas

3 Compuertas

3.1 Cantidad

3.2 Caudales

4 Canales

4.1 Cantidad

4.2 Longitud

4.3 Niveles de agua

4.4 Pendientes (canal, taludes)

4.5 Obras derivadas

5 Estaciones de bombeo

5.1 Cantidad y tipo de bombas

5.2 Caudales

5.3 Potencia

3.5 CARACTERIZACIÓN DEL ENTORNO MEDIOAMBIENTAL

La caracterización del entorno medio ambiental, corresponde a toda la información de la situación actual del entorno de la obra. Por ello deberá hacerse un inventario lo más representativo posible del territorio afectado, de las condiciones tanto del medio físico como del socioeconómico, información de vital importancia en la fase de identificación de los impactos que se están generando.

La información a obtener deberá ser lo más específica del territorio del emplazamiento de la obra, con un grado de detalle en dependencia de la importancia de las afectaciones al medio.

El principal inconveniente será la recolección de la información necesaria.

Para ello se tendrá inicialmente la información disponible de fuentes gubernamentales o no gubernamentales, estudios realizados con antelación, fuentes de organismos internacionales, visitas de campo, encuestas, etc.

Una propuesta de la información mínima a tener en cuenta en cada uno de los sistemas, será:

Medio físico. Clasificación de la cuenca según su origen (Natural, Intervenida)

- Clima
- Relieve
- Hidrología
- Geología
- Geomorfología
- Suelos (Edafología)
- Flora y Vegetación.
- Fauna
- Paisaje
- Áreas naturales de interés

Medio socioeconómico. Asentamientos poblacionales circundantes.

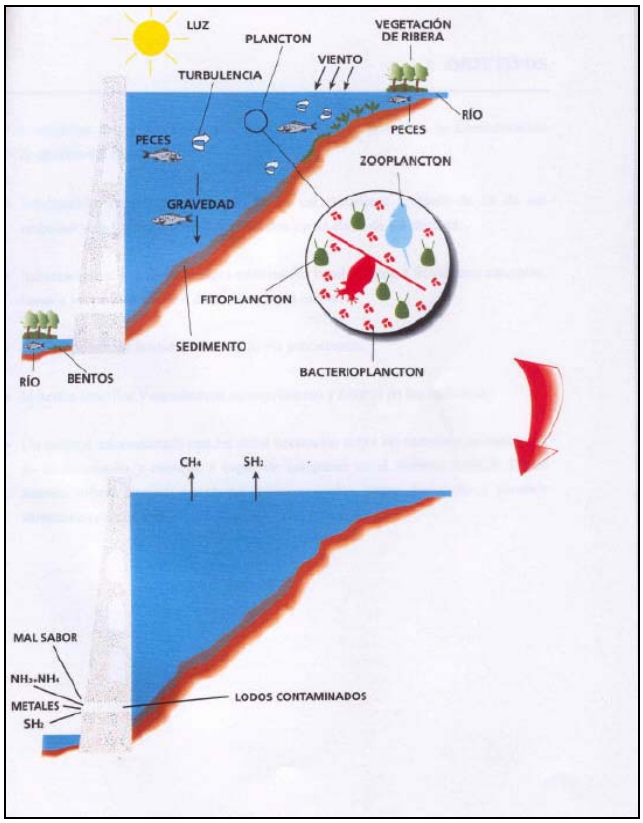
Actividades económicas principales (agricultura, ganadería, etc.).

Cabe anotar que en la descripción de estas variables, se incluirán todos los procesos o alteraciones que se estén presentado, así como de los planes de monitoreo que existan, con el fin de aportar información valiosa para la fase de identificación. Una propuesta de información necesaria para la realización del diagnóstico ambiental se adjunta en el Anexo 3.

3.6 CONSIDERACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS POSIBLES ALTERACIONES

Las consecuencias que trae la explotación de embalses se pueden analizar desde los puntos de vista físico y químico. Las principales alteraciones físicas se reflejan en el régimen hidrológico, la temperatura y los procesos geofísicos, y las químicas con la aparición de sustancias contaminantes que en ocasiones suelen ser tóxicas, producto de procesos biológicos que tienen lugar en el embalse. Todas estas alteraciones responden a procesos más o menos complejos que convierten a los embalses en instalaciones potencialmente contaminantes que hay que vigilar y controlar adecuadamente. (Figura 4)

Figura 4. Sistema de agua embalsada (Limnos, 1996)



Al margen del objetivo para el cual fue concebido el proyecto, se presentarán a continuación las generalidades encontradas en la literatura con respecto a los efectos probables al entorno por una represa cuando se evalúan en su fase de explotación u operación, entendida esta desde el mismo momento de la puesta en operación hasta el momento de su abandono o demolición.

De la literatura consultada se ha seleccionado la Guía metodológica para la elaboración de EsIA en Grandes Presas, MOPU (1989) donde se definen las "Actuaciones del proyecto a considerar en la Evaluación de Impacto Ambiental" en su fase se explotación, con el fin de tener una referencia de los impactos ocasionados en este tipo de proyectos desde una forma general, como se describe a continuación.

Presa y embalsamiento de agua: Hace referencia tanto a la implantación de la presa, como a la presencia del cuerpo que la retiene.

Infraestructura: Corresponde a la instalaciones anexas a la presa y necesarias para su funcionamiento, tales como, canal de descarga, canal lateral, edificios de explotación, etc.

Oscilaciones de nivel del agua embalsada: En condiciones orográficas determinadas, las oscilaciones de nivel, descubrirán una banda árida de considerable capacidad impactante, sobre distintos elementos del medio.

Regulación del caudal aguas abajo de la presa: la alteración del régimen natural del río, como consecuencia de los planes de explotación de embalse, ocasionara una serie de repercusiones sobre el medio natural, que deben ser analizadas.

Datos socioeconómicos: son muy variables en función del tipo de represa, del lugar, etc.

A partir de estas consideraciones, se hace necesario describir las alteraciones que se presentan genéricamente en cada una de las variables del entorno tanto físico como socioeconómico, que estarán en función de las características morfométricas, hidrológicas, físico-químicas y biológicas del propio embalse y de los usos de la cuenca y del tramo fluvial aguas abajo de la presa, para tenerlas en cuenta en la fase de identificación, en la implantación de las metodologías a utilizar.

3.6.1 Alteraciones sobre el clima. El principal problema climático detectado es la disminución de la continentalidad del clima (disminución de las temperaturas máximas y aumento de las mínimas) por la presencia del cuerpo de agua que puede producir la aparición de neblina. Según el MOPU (1989), la aparición de neblinas incrementarían las precipitaciones totales, por aporte de precipitación horizontal, además de posibles modificaciones de la frecuencia y el tipo de lluvias, que podría repercutir entre otras en:

- Disminución de la visibilidad (su incidencia aumenta si en las proximidades existen carreteras o aeropuertos).

- Disminución del calor que recibe la tierra en meses fríos.

- Protección ante las heladas (impide la irradiación del calor almacenado)

- Producción de lluvias, al proporcionar núcleos de condensación.

3.6.2 Alteraciones sobre el aire. Puede presentarse una disminución de la transparencia del aire ocasionando una disminución en la percepción visual, debido a la emisión de partículas por el transito de vehículos, de gravedad si existieren vías de comunicación cercanas y de bastante frecuentación.

La contaminación acústica que puede presentarse en esta fase del proyecto, dependerá de la existencia de estaciones de bombeo y/o de turbinas, que de ser afirmativo estas incrementara los niveles de ruido del ambiente.

3.6.3 Alteraciones sobre el suelo. Una de las principales alteraciones en el suelo, es la inestabilidad de las laderas, que puede darse por el ascenso del nivel de agua que disminuye la cohesión de las partículas del suelo. Además, la inestabilidad es función de la verticalidad de los taludes, pues al ser mayor ésta mayor será el riesgo, de la litología pues hay diferentes tendencias en los sustratos, de las precipitaciones pues de ser mayores y más intensas mayor será el riesgo, y de la cobertura de los taludes pues el tipo de vegetación determinará la susceptibilidad al deslizamiento.

Puede presentarse pérdida de suelo (erosión) debido a actividades antropogénicas como tala indiscriminada, deforestación, malas prácticas agrícolas, etc. que aunque no son acciones provocadas por el embalse, revierten importancia sobre todo para el análisis de la calidad de las aguas. Además puede presentarse erosión, en la llamada “banda árida” que rodea el embalse.

Las afectaciones al suelo pueden reproducirse en otras variables ambientales, como la calidad del agua, azolvamiento, riesgo a poblaciones, etc.

3.6.4 Alteraciones sobre el agua. Esta variable ambiental, es sin duda la que más afectaciones tiene en la fase de explotación de las represas. Para su estudio más detallado, se presentan las alteraciones sobre el agua superficial y sobre el agua subterránea por separado**.**

Aguas superficiales. El principal impacto en estas, son las

transformaciones del régimen hidráulico inicial, al existir un cambio de régimen lótico a un régimen léntico o semiléntico. Estas transformaciones repercutirán tanto en la calidad de las aguas embalsadas, como en los tramos de aguas arriba y abajo de esta.

Aguas embalsadas: La modificación de las propiedades físicas y químicas del agua embalsada, depende de múltiples factores: profundidad del vaso que contiene el agua, tiempo que el agua permanece retenida, condiciones climatológicas y geográficas, relación del caudal aportado al volumen de contenido y el nivel de profundidad al que aquel se incorpora, carga contaminante de las aguas embalsadas, etc. (MOPU, 1989).

La variación del volumen de las aguas embalsadas puede afectar comunidades biológicas existentes produciendo hasta su muerte, este fenómeno es más generalizado en los embalses destinados a regadío. La variación en la temperatura afectará las comunidades biológicas, insectos y peces cuyos ciclos de vida están regulados por esta.

A continuación se describen las principales afectaciones que se presentan en las aguas embalsadas, producto de diferentes actividades o procesos:

✦ ***Sedimentación de partículas en el embalse*:** es un problema común en estos, estas partículas provenientes de los aportes de carga sólida de la cuenca se sedimentan en el embalse con una repercusión en su vida útil, pues se disminuye su volumen útil, este es el fenómeno conocido mundialmente como azolvamiento. La cantidad de carga sólida al embalse dependerá de las características morfométricas de la cuenca, de los factores climáticos, el nivel de intervención antropogénica de la cuenca (deforestación), niveles de erosión, de las características del vaso (geometría, dimensión, volumen).

La contaminación provocada por los sedimentos se presenta desde dos perspectivas. Desde el punto de vista físico, ya que los procesos de pérdida de la capa arable de suelo y la degradación de la tierra por motivo de la erosión se verán reflejados en niveles excesivos de turbidez en las aguas receptoras y a repercusiones ecológicas y físicas en lugares alejados, los lechos de ríos y embalses, en donde se produjo la deposición. Desde el punto de vista químico, la parte de los sedimentos constituida por limo y arcilla (< 63 µm) es transmisora primaria de productos químicos adsorbidos, especialmente fósforo, plaguicidas clorados y la mayor parte de los metales, que son transportados por los sedimentos al sistema acuático.

Las principales afecciones que se producen por la sedimentación en el embalse (azolvamiento) pueden ser:

- Mortandad y afecciones a las comunidades biológicas del tramo abajo de la presa por vertido de lodos y aguas turbias.

- Pérdida de calidad de agua para abastecimiento.

- Pérdida de calidad del agua para usos recreativos.

Las propiedades físico químicas de las aguas cambiarán al producirse un cambio de su régimen natural. Estas variaciones en las propiedades físico químicas se ven reflejadas en procesos como la presencia de macrófitas en grandes cantidades, la eutrofización, la estratificación y la salinización, principalmente.

✦ ***Plantas acuáticas (macrófitas*)**: constituyen formas macroscópicas de vegetación acuática. Comprenden las macroalgas, las pteridofitas (musgos, helechos) adaptadas a la vida acuática y las angiospermas. Teniendo en cuenta la morfología y fisiología, las macrófitas pueden clasificarse según la forma de fijación en:

- **Macrófitas fijas al sustrato.** A estas corresponden tres tipos

Macrófitas emergentes: en suelos anegados permanentes o temporalmente; en general son plantas perennes, con órganos reproductores aéreos.

Macrófitas de hojas flotantes: principalmente angiospermas; sobre suelos anegados. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos.

Macrófitas sumergidas: comprenden algunos helechos, numerosos musgos y carofitas y muchas angiospermas. Se encuentran en toda la zona fótica (a la cual llega la luz solar), aunque las angiospermas vasculares sólo viven hasta los 10 m de profundidad aproximadamente. Los órganos reproductores son aéreos, flotantes o sumergidos.

- Macrófitas flotantes libres presentan formas muy diversas desde plantas de gran tamaño con roseta de hojas aéreas y/o flotantes y con raíces sumergidas bien desarrolladas a pequeñas plantas que flotan en la superficie, con muy pocas raíces o ninguna. Los órganos reproductores son flotantes o aéreos pero muy raramente están sumergidos.

Los inconvenientes relacionados con la presencia de macrófitas son**:**

- Pueden actuar como fuente de vectores propagadores de enfermedades y plagas.

- Favorecen la ausencia de oxígeno en el cuerpo de agua (en grandes coberturas de macrófitas flotantes).

- Producen sombra a plantas sumergidas y algas que liberan oxígeno por fotosíntesis.

- Grandes masas de macrófitas en descomposición acumulan materia

orgánica en general en el sedimento, volviéndolo anóxico (es decir, sin oxígeno).

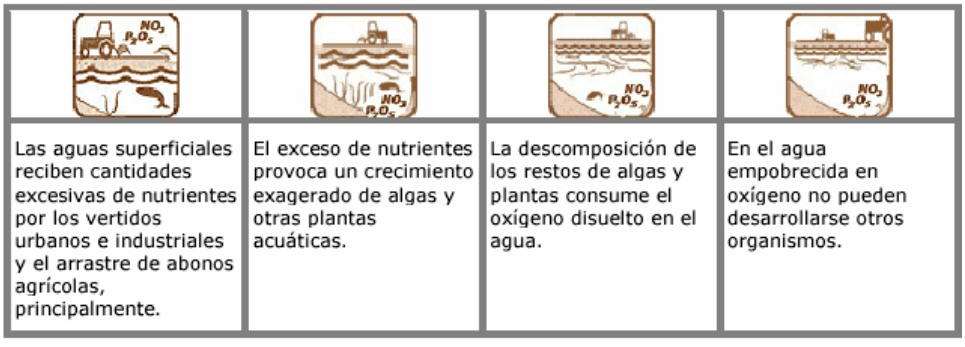
- Taponamiento de canales de riego y de navegación.

- Problemas en la presa o en las compuertas, por acumulación de macrófitas flotantes que se embalsan, ejercen presión sobre estas pudiendo peligrar su infraestructura.

- Problemas en lugares de recreación debido por ej. a que al encontrarse en grandes cantidades, hay gran cantidad de materia en descomposición y produce mal olor.

✦ *Eutrofización*: En la literatura se encuentra también como eutroficación, y se define como el proceso natural y/o antropogénico consistente en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno, produciendo una descompensación que no puede ser frenada por la mineralización total, produciéndose una disminución del oxigeno en las aguas profundas por la descomposición del exceso de materia orgánica presente. (Figura 5)

Figura 5. Proceso de Eutrofización en un embalse



Las aguas eutrofizadas se caracterizan por tener un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos; proliferan las algas, tienen aguas profundas pobres en oxigeno y un crecimiento intenso de las plantas acuáticas.

Los factores que afectan el grado de eutrofización son:

- Clima: Las variables que influyen son la precipitación, evaporación y temperatura. Los climas cálidos favorecen el proceso.

- Características físicas del embalse (Volumen, superficie y profundidad media (volumen/superficie)). Los embalses poco profundos son más propicios para el desarrollo del proceso.

- Tiempo de retención: relación entre el volumen medio embalsado y el escurrimiento durante un cierto período de tiempo.

- Área de drenaje: la poca cubierta arbórea sujeta a precipitaciones abundantes favorece la erosión y el arrastre de nutrientes hacia el cuerpo de agua.

- Geología: en áreas de drenaje donde predominan rocas sedimentarias hay mayor aporte de fósforo por escorrentía. Los suelos arcillosos drenan pobremente y también favorecen la escorrentía y consecuentemente el aporte de nutrientes.

Las causas de la eutrofización pueden ser:

- Naturales:
- Aportes atmosféricos: precipitación.

- Resuspensión de los sedimentos del fondo.

- Liberación desde los sedimentos anóxicos.

- Descomposición y excreción de organismos.

- Fijación de nitrógeno por microorganismos.

- Antropogénicas (Eutrofización cultural):

- Vertidos de residuos industriales, agrícolas, urbanos y de plantas de tratamiento.

- Deforestación que aumenta la erosión y disminuye el reciclaje de nutrientes en la cuenca, aumentando su ingreso al cuerpo de agua.

- Fertilizantes aplicados en exceso.

- Aguas residuales de granjas (silos, tambos).

- Tanques sépticos

- Uso de detergentes con grandes cantidades de fósforo.

- Aporte de contaminantes por agua de lluvia.

- Sistema de alcantarillado de ciudades y pueblos.

Entre las afectaciones que pueden darse por la eutrofización, están:

- Las comunidades biológicas (plancton, bentos, peces) por decremento de

la concentración del oxígeno disuelto en el agua en episodios de estratificación.

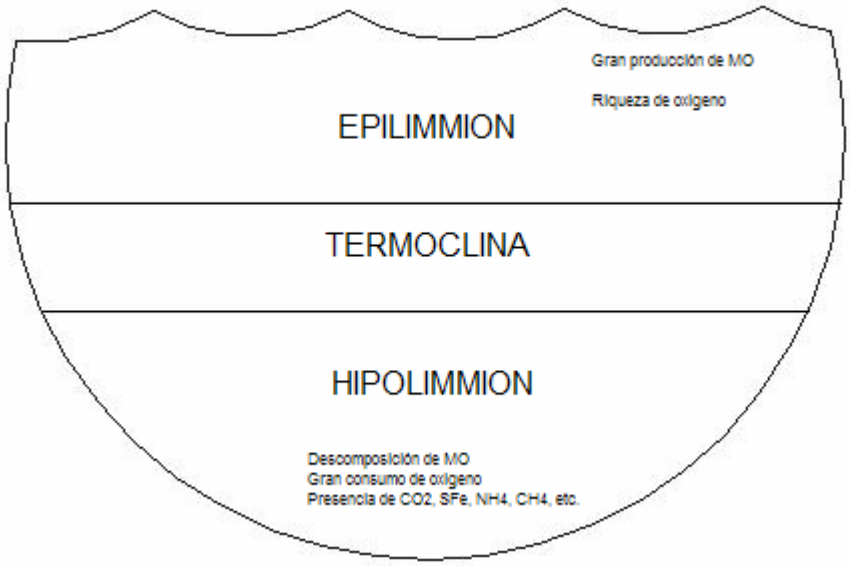
- Los usos del agua para abastecimiento (por presencia de tóxicos como SH_2, NH_4 y fitoplancton).

- La pesca del tramo fluvial bajo la presa por disminución de la población de peces.

- Los usos recreativos del embalse y tramo fluvial bajo la presa por desarrollo de fitoplancton y macrófitos o por aguas turbias.

✦ *Estratificación*: Un fenómeno muy común en los embalses es la alternación de periodos de estratificación térmica y mezcla de agua. La estratificación se presenta por la existencia de gradientes horizontales y verticales causadas por las diferentes temperaturas del agua, dependiendo del periodo climático. La capa superior o epilimmión, que varia directamente con el periodo climático, protege o cubre a una capa más profunda, el hipolimmión, cuya temperatura es casi constante todo el año. En el intermedio de ambas zonas, existe una capa más estrecha, la termoclina, que está sometida a unos importantes cambios térmicos, correspondiéndole por tanto un importante gradiente de densidad motivado por el gradiente vertical de temperaturas y es esta capa la que aísla o dificulta la interacción entre las capas superficial y profunda. Esta inhibición, hará que la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación de residuos orgánicos, tales como fitoplancton muerto, o restos vegetales del vaso, no pueda ser repuesta nuevamente, para otras oxidaciones por las aguas del epilimnón ricas en este elemento, por lo que aparecen unas condiciones reductoras, que pueden dar lugar a procesos de sulfuración, desnitrificación e incluso producir metano. (Figura 6)

Figura 6. Proceso de estratificación térmica típica en verano



- **Salinización:** La salinización de las aguas puede presentarse por intrusión marina o por encontrarse el vaso en terrenos salobres (ej. rocas evaporíticas), además de ir acompañada por contaminación agrícola. Las afectaciones por un grado alto de salinización se darán cuando la finalidad del embalse sea para abastecimiento de poblaciones, riego, además de las afectaciones a los ecosistemas acuáticos y a la infraestructura hidráulica.

- *Tramo aguas arriba:* La principal afectación que se presenta por el embalsamiento aguas arriba, es la disminución de la velocidad del flujo, que propiciará condiciones para el proceso de sedimentación en algunas partes del río, y en otras de arrastre y deposición, que ocasionará eventualmente un aumento en el nivel del río afectando la vegetación ribereña e inundará tierras fértiles.

- *Tramo aguas abajo:* Dependiendo del régimen de operación del embalse, podrá darse una disminución en el caudal ecológico que afectaría la fauna, vegetación y paisaje en el río.

La calidad del agua embalsada afectará de cierta forma, la calidad del agua en el río. De existir estratificación y/o eutrofización en embalse, y en dependencia de las condiciones anóxicas, puede incorporarse al flujo de agua, sulfhídrico, y otros gases, como oxígeno y nitrógeno, debido a la mezcla de aire y agua forzada por los aliviaderos.

Puede presentarse mortandad y afecciones a las comunidades biológicas del tramo fluvial bajo la presa por vertido en chorro (que produce intoxicación gaseosa a los peces), y fluctuaciones bruscas y de rango elevado del caudal de agua. La variación de la temperatura puede afectar las comunidades piscícolas presentes aguas abajo.

Aguas subterráneas. Cuando existen problemas de contaminación de las aguas embalsadas, estos pueden repercutir en la calidad de las aguas de los acuíferos, en caso de presentarse infiltración en el vaso del embalse. Además, esta infiltración hará variar los niveles freáticos debido a la recarga de los acuíferos.

3.6.5 Sobre la vegetación. Las alteraciones en los niveles freáticos, en la humedad del ambiente y las fluctuaciones del nivel del agua en el vaso, afectan la vegetación de las proximidades del embalse**.**

Como se había mencionado anteriormente, los cambios en el régimen aguas abajo de la presa afecta la vegetación ribereña, debido a la variación de los niveles de la lámina de agua.

Los descensos en el nivel freático debido al encajonamiento del río, causan pérdidas en la vegetación que depende de estos para su existencia, además de afectar al uso del suelo.

3.6.6 Sobre la fauna. Deberá tenerse en cuenta las afectaciones producidas a la fauna, diferenciando la fauna terrestre de la fauna acuática.

Fauna terrestre. Las mayores afectaciones sobre la fauna terrestre se verán en el proceso de construcción y llenado del embalse por la destrucción del hábitat. En la fase de explotación, el principal problema será la fluctuación de los niveles de la lámina de agua para las poblaciones animales establecidas en las márgenes.

Las poblaciones animales que dependan del consumo de agua del embalse, serán afectadas cuando los niveles de contaminación de las aguas sean altos.

Fauna acuática. Las afectaciones a las poblaciones acuáticas, se estudian también teniendo en cuenta el tramo de río.

En el tramo embalsado, las condiciones de calidad de las aguas alteradas y la existencia de problemas de estratificación y/o eutrofización pueden ocasionar pérdida de especies, fenómenos de migración aguas arriba o desplazamiento por otras especies más resistentes a estas condiciones. Las poblaciones piscícolas nativas, se verán afectadas por la introducción de especies que pueden ser depredadoras y que puedan tener condiciones más favorables para su crecimiento. El efecto barrera de la presa afectará a las especies migratorias impidiendo su proceso reproductivo. El nuevo hábitat existente favorecerá el incremento o introducción de nuevas especies de aves acuáticas ya sea de manera definitiva o temporal en el caso de especies migratorias.

Aguas abajo de la presa, al presentarse alteraciones en las comunidades macro bénticas pueden presentarse afectaciones en las poblaciones

piscícolas. Las alteraciones en la calidad de las aguas, especialmente si existe estratificación y/o eutrofización, afectara las poblaciones piscícolas asentadas aguas abajo, además los cambios en la temperatura del agua también afectaran estas. El efecto de la presa como entorpecedor de las condiciones fluviales naturales, produce la retención de gravas y arenas en el embalse y su reducción en el tramo aguas abajo de la presa, lo que disminuye las posibilidades de cría para los salmónidos. El efecto barrera que la presea genera, limita las migraciones de los salmónidos y de otras especies ligadas al medio fluvial como la nutria.

3.6.7 Sobre el paisaje. Las afectaciones sobre el paisaje más comunes son la variación de la visibilidad por aparición de neblina y las oscilaciones en los niveles de agua que crearán una franja continúa sin vegetación conocida como la “banda árida” que contrastará con el paisaje circundante impidiendo una integración visual de la lámina de agua con su entorno.

3.6.8 Sobre la socioeconomía. Los impactos producidos a la estructura socioeconómica dependen de diversos factores.

Se resaltan las afectaciones que se presentan en el uso del suelo, debido a que las tierras susceptibles de ser inundadas por la variación de los niveles no pueden ser utilizadas para ningún fin económico.

Las alteraciones que se hayan producido en la red vial pueden representar problemas a la población, por desviar el tráfico y ocasionar más tiempo de viaje, alterar las condiciones normales de conducción, incrementar los gastos de transporte, etc.

Las actividades económicas dependientes de la utilización del embalse, se verán afectadas por la contaminación de las aguas, caso por ejemplo de la

agricultura, pesca, los deportes náuticos y el turismo.

La pérdida de terrenos fértiles por embalsamiento, puede haber generado prácticas de agricultura marginal, es decir la utilización de los terrenos circundantes al vaso que pueden provocar procesos erosivos, pérdida de vegetación, contaminación por productos de uso agrícolas. También con esto puede haberse cambiado los tipos de cultivos para introducir unos más productivos de acuerdo a las condiciones pero que pueden ser más agresivos al medio.

El embalse puede ser atractivo para que se produzcan nuevos asentamientos poblacionales no planificados, empresas comerciales o industriales, que pueden representar un problema de focos puntuales de contaminación de las aguas.

3.7 IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERACIONES

Se plantea para la identificación de impactos, una metodología basada ya sea en una lista de chequeo o en una matriz orientativa, en la que se contemplan los problemas más comunes encontrados en las represas en su fase de explotación.

Independientemente de la utilización de la lista de chequeo y/o la matriz orientativa, el proceso se llevará a cabo utilizando las siguientes técnicas para la recolección de la información.

- Trabajo de campo: Debe realizarse una inspección visual en el entorno de la obra y realizarse un muestreo limnológico principalmente.

- Entrevistas con expertos, técnicos y población en general que estén

involucrados o afectados con la explotación de la represa.

Las alteraciones que se encuentran con estas técnicas y registradas en la lista y/o en la matriz, pasarán a una etapa de estudio más profunda con métodos específicos para el análisis de las variables que lo ameriten. Por ello el análisis de esta información deberá realizarse por un grupo multidisciplinario de expertos en cada una de las áreas en las que están involucradas las variables medioambientales.

3.7.1 Lista de chequeo. Se convierte en un método sencillo, porque en esta lista están contemplados los efectos que regularmente se presentan en las represas en su fase de explotación de una forma general. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que pueden existir impactos para situaciones específicas y en contextos específicos, por lo que se debe revisar el listado y completarlo si es el caso. Una guía para el análisis podría ser la siguiente lista:

- Impacto en los usos del suelo colaterales al vaso y cuerpo de agua.
- Pérdida de velocidad de la corriente.
- Pérdida de suelo por inundación
- Aporte de residuos por actividades recreativas
- Contaminación del aire por actividades recreativas (tráfico)
- Impacto del suelo inundado sobre la calidad del agua
- Deficiencias de oxígeno disuelto a causa de la descomposición orgánica.
- Disolución de hierro y manganeso.

- Pérdida de hábitat silvestre.
- Eutrofización
- Estratificación térmica
- Consideración de la evaporación
- Cambio de medioambiente de río a lago y reducción de la diversidad de especies.
- Sedimentación en el embalse
- Erosión en el borde del vaso
- Cambio en el paisaje por lámina de agua e infraestructura
- Aumento de ruidos por presencia de turbinas y/o bombas
- Inestabilidad de taludes
- Alteración sobre el nivel freático
- Alteración de la vegetación y fauna
- Impacto sobre los usos del suelo debido al aumento de protección contra inundaciones.
- Impacto sobre el uso del suelo debido a la puesta en regadío.
- Impacto sobre la biota, aguas abajo de la presa debido al cambio de la calidad del agua.
- Eliminación del aporte de lodos a la vegetación ribereña

- Impacto sobre la población piscícola debido al cambio de temperatura en el vaso

- Impacto sobre cultivos debido al cambio de temperatura.

En los anexos se presenta una lista más amplia de los principales riesgos ambientales de las represas en su fase de explotación.

3.7.2 Matriz orientativa. Esta metodología matricial contempla de manera genérica los impactos que se producen al medioambiente en cada una de sus variables, hay que anotar que la especificad de cada obra aportará más elementos a evaluar, por lo que deberá complementarse la matriz que se propone.

La matriz estará compuesta, en sus filas por los posibles procesos o actividades productoras de impactos que se pueden estar presentando, y en sus columnas, por los procesos o las variables ambientales que pueden ser impactadas por estas situaciones. Se indican entonces, las situaciones y los impactos que estas producen al entorno, para ser contrastados con una matriz idéntica que será llenada por el grupo o experto que estén al frente del estudio, marcando en la casilla correspondiente de la relación situación-impacto. Este proceso se llevara a cabo utilizando las técnicas de estudio de campo y entrevistas, anteriormente descritas. (Ver Anexo D)

3.7.3 Modelos específicos. Después de tener la matriz o lista de chequeo llenas, se procede a un análisis de estas para determinar cual variable requiere de un estudio detallado, debido a que la problemática no es palpable a la vista. Este análisis indicara entonces, la necesidad de utilizar modelos específicos que pueden ser tanto físicos como matemáticos para la determinación de los impactos que se pueden estar produciendo.

Análisis de factores climáticos. Se ha mencionado que el principal problema de afectación al clima es la aparición de niebla, para ello se encuentra en la literatura diversidad de métodos entre los que se mencionan.

- Método del balance hídrico: Basado en el principio de conservación de masa aplicado a embalses. Planteando la siguiente igualdad.

$$E=P-(\Delta a + \Delta s + r) \text{ donde,}$$

E	=	Evaporación del embalse (Hm^3)
P	=	Precipitación caída en el embalse (Hm^3)
Δ a	=	Variación del volumen del embalse (Hm^3)
Δ s	=	Volumen de agua en el suelo (Hm^3)
r	=	$r_i + r_e$ (Hm^3)
r_i	=	Volumen de agua de infiltración
r_e	=	Volumen de agua de escorrentía.

- Método del balance de energía: Basado en el principio de conservación de energía para un embalse en un periodo determinado de tiempo.

- Método de transferencia de masas: Basado en los resultados de los dos anteriores métodos, este evalúa la evaporación diaria. Es un procedimiento semiempírico, que plantea que al intervenir el estado de turbulencia en la evaporación.

Los dos últimos métodos anteriormente descritos presentan la problemática de necesitar una cantidad de datos de variables que son muy poco frecuentes en la región.

Análisis de suelos*:* Los impactos sobre los suelos son diversos, pueden existir procesos erosivos, inestabilidad en los taludes, transporte de

sedimentos, etc.

- Sedimentación en el embalse: Karim, Crole y Kennedy (1979) plantean un modelo matemático para determinar la cantidad, velocidad y distribución espacial de los sedimentos en lagos y embalses.

- Transporte de sedimentos: Para el transporte de sedimentos se plantea la siguiente relación entre transporte y escurrimiento fluvial:

$$Qs = K*Q^n \quad \text{donde}$$

Qs = Sedimento transportado
Q = Escurrimiento fluvial
n = Valor comprendido entre 2 y 3
K = Valor para el que Q = 1

- Erosión: Modelos para determinar la erosión existen en la literatura una gran cantidad, sobre todo del proceso de erosión y escorrentía química, asociada a los sedimentos en diferentes condiciones de tipo de cultivo, prácticas agrícolas, debido a que esta actividad es la principal causante del proceso erosivo.

Dependiendo de los datos de entrada al modelo, existen tres tipos:

- **Modelos sencillos de detección, como el de la carga unitaria:** Se trata de una metodología estadística en que la que se comparan datos sobre la escorrentía de sedimentos, nutrientes y plaguicidas por unidad de superficie (por ejemplo, toneladas de sedimento por hectárea) procedentes de numerosos estudios, a fin de determinar las semejanzas en cuanto al tipo de cultivo, suelos y características fisiográficas.

Relaciones empíricas sencillas: la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE) de Wischmeier (1976), la cual tiene la siguiente expresión matemática:

$$A = R.K.LS.C.P$$

Donde,

A = Pérdida de suelo calculada en t/ha durante una tormenta concreta o un período

R = Factor energía de las lluvias

K = Factor erosionabilidad del suelo

LS = Factor longitud-pendiente

C = Factor ordenación de los cultivos (cubierta vegetal) P = Factor práctica de lucha contra la erosión

Modelos deterministas y estocásticos: que tratan de simular la física del proceso de erosión. Las necesidades de datos en materia de calibración y verificación son enormes por lo que no son recomendables en los países de la región. A manera de resumen se presentan la diversidad de metodologías utilizadas para evaluar la contaminación de fuentes agrícolas no localizadas (Cuadro 12)

Cuadro 12. Modelos para evaluar la contaminación de fuentes agrícolas no localizadas (tomado de E.D. Ongley , 1997)-

NOMBRE	APLICACIÓN	ESCALA DE TIEMPO	ESCALA ESPACIAL
a. Nivel medio-bajo de necesidad de datos			
Cargas por superficie unitaria (predicción estadística)	Pérdida de sedimentos Pérdida de nutrientes	Promedios a largo plazo	Decenas a centenares de km^2
NOTA: Los modelos estadísticos utilizan datos agregados para situaciones comparables. La capacidad de predicción es baja, pero puede ser útil como medio de detección o en los casos en que no se dispone de datos sobre los campos de cultivo o la escala espacial es tan grande que resulta antieconómico obtenerlos.			
USLE (Ecuación universal de pérdida de suelo)	Pérdida media de suelo en relación con cultivos específicos, etc.	Anual	Parcela/tinca
RUSLE/MUSLE (USLE revisada/modificada)	Pérdida media de suelo en relación con cultivos específicos, etc.	Anual	Parcela/tinca
NOTA: Los modelos empíricos semejantes al USLE se han aplicado en el análisis de grandes superficies, utilizando, por ejemplo, datos obtenidos con sistemas de teledetección, para elaborar estimaciones regionales de las pérdidas de suelos (*por ejemplo, en el Brasil*). *Estos modelos se incorporan muchas veces en los modelos hidrológicos más detallados que se indican a continuación.*			
B. Modelos que requieren gran disponibilidad de datos (orientados hacia el proceso)			
ACTMO (modelo de transporte de productos químicos agrícolas)	Procesos hidrológicos Calidad del agua	Suceso aislado, continuada	Finca
AGNPS (contaminación de fuentes agrícolas no localizadas)	Hidrología, erosión, N, P y plaguicidas	Suceso aislado, diariamente, continuada	Cuadrícula, finca
ANSWERS (simulación de respuestas ambientales en cuencas hidrográficas de fuentes zonales no localizadas)	Hidrología, erosión, N, P y plaguicidas	Una tormenta	Cuadrícula
CREAMS (erosión química y escorrentía de los sistemas de ordenación agrícola)	Hidrología, erosión, N, P y plaguicidas	Diaria, continuada	Finca
EPIC (calculador del efecto erosión-productividad)	Hidrología, erosión, ciclo de los nutrientes, ordenación de cosechas y suelos y economía	Suceso aislado, diaria, continuada	Finca

NOMBRE	APLICACIÓN	ESCALA DE TIEMPO	ESCALA ESPACIAL
HPSF (Programa Fortran de simulación hidrológica)	Hidrología, calidad del agua en relación con contaminantes orgánicos tóxicos y convencionales	Suceso aislado, diaria, continuada	Cuenca hidrográfica
SHE (Sistema hidrológico europeo)	Hidrología, con módulos de calidad del agua	Suceso aislado, diaria, continuada	Cuenca hidrográfica
SWAM (modelo de cuencas hidrográficas pequeñas)	Procesos hidrológicos, sedimentos, nutrientes y plaguicidas	Diaria, continuada	Cuenca hidrográfica
SWAT (instrumento de evaluación de suelos y aguas)	Procesos hidrológicos, sedimentos, nutrientes y plaguicidas	Suceso aislado, diaria, continuada	Simulación simultánea para centenares de subcuencas
SWRRB (simulador para recursos hídricos en cuencas rurales)	Balance hídrico y procesos hidrológicos y sedimentación	Suceso aislado, diaria, continuada	Cuenca hidrográfica
WEPP (proyecto de predicción de la erosión hídrica)	Procesos hidrológicos, procesos de sedimentación	Tormenta, diaria, continuada	Ladera, cuenca hidrográfica, cuadricula

Análisis de la calidad de las aguas*: Para realizar un estudio limnológico es necesario realizar un muestreo de parámetros físico-químicos para el embalse y para el tramo fluvial, entre los que comúnmente se encuentran:*

- Perfiles de temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y turbidez; medida de la profundidad de visión del Disco de Secchi, concentración de clorofila (en el punto de máxima turbidez de la capa fótica), medida de la concentración de amonio (superficie y fondo) y de sulfhídrico (fondo, en caso de detectarse), y muestreo del sedimento del embalse con draga.

- Medida de la conductividad, calcio, nitrato y fosfato, y del índice biótico B.M.W.P. en el tramo fluvial bajo la presa (a una distancia en general entre 4 y 10 km).

Para la determinación de la calidad de las aguas generalmente se formulan modelos de simulación, que generalmente resuelven la ecuación de continuidad, prediciendo las variaciones temporales de la concentración de un indicador de calidad, a partir de su concentración inicial y los factores ambientales. Generalmente se utiliza el método de Diferencias Finitas, el cual consiste en dividir el espacio en segmentos con propiedades homogéneas, entre los cuales existen saltos discretos de aquéllas. En términos prácticos, son las derivadas parciales de la concentración con respecto a x (longitud) de los términos de transporte dispersivo los que se aproximan a valores discretos. Las ecuaciones que dan cuenta de la evolución temporal de los indicadores como clorofila «a», OD, etc, se superponen a la ecuación de continuidad de manera de describir los procesos por completo. (Vargas y Pérez, 2001)

Existen modelos de simulación como el programa WASP5: Water Quality Análisis Simulation Program, que permite modelar sistemas uni, bi y tridimensionales; otorga la posibilidad de especificar coeficientes de dispersión en función del tiempo; y permite una cómoda estructuración de los procesos cinéticos (Ambrose, R et al, 1993). El sistema de modelación consta de los siguientes programas: DYNHYDS, de modelación hidrodinámica (no aplicable a sistemas estratificados), WASP, de transporte de sustancias conservativas, EUTRO, de oxígeno disuelto y eutroficación, y TOXI, de dinámica entre químicos tóxicos y sedimento.
Los principales problemas que se presentan en cuanto a la calidad de las aguas son la estratificación, la eutrofización y la salinización, por ello seguidamente se enuncian las metodologías encontradas en la literatura para estos problemas.

- Estratificación: Se conocen modelos unidimensionales y tridimensionales para determinar la estratificación térmica en los embalses y conocer los perfiles de temperatura. Ford y Stefan, 1980

- *Eutrofización:* Los avances en los estudios para determinar el grado de eutrofización de lagos y embalses ha crecido de manera vertiginosa debido a que esta problemática ha causado grandes afectaciones a los embalses en todo el mundo. En 1907 se emplean por primera vez los términos «oligotrófico» y «eutrófico» para señalar respectivamente medios pobres y ricos en elementos nutritivos. En 1973 se inician estudios para determinar el estado trófico de lagos y embalses con la OCDE. Diez años después en Brasil por convocatoria de la OPS/OMS y el CEPIS en una reunión, se revisaron los modelos simplificados disponibles, desarrollados con datos de lagos predominantemente templados y se concluyó que debido a las diferencias fundamentales entre lagos templados y lagos cálidos tropicales, estos modelos no eran aplicables a la mayoría de los cuerpos de agua de la región. De esta forma se inició el Programa Regional para el Desarrollo de Metodologías Simplificadas para la Evaluación de la Eutrofización en Lagos Cálidos Tropicales. A partir de este programa se generaron los siguientes resultados:

- Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales. Programa Regional CEPIS/HEP/OPS 1981-1990 (SALAS, H. & MARTINO, P. (1990))

- A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes (SALAS, H. & MARTINO, P. (1991))

- Modelos matemáticos LACAT y CLARK

***Análisis de la vegetación**:* Austin, Reiddle y Landers (1979) plantean un modelo de simulación matemática para determinar la respuesta de la vegetación ribereña a la oscilación de los niveles de agua.

3.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (PMA)

Este PMA recoge todas las medidas correctoras, es decir todas las actividades dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado por la construcción de la obra

Según Limnos (1996), una gran parte de los riesgos ambientales que existen en los embalses y tramos fluviales regulados pueden ser corregidos a partir de la implantación de medidas correctoras adecuadas, para lo que plantea las siguientes actuaciones correctoras generales para limitar los riesgos de mayor importancia identificados:

- **Medidas de control en vertidos de lodos**. Coordinar los vertidos de lodos con vertidos de aliviadero o de otras tomas (hidroeléctrica, riegos,...). Realizar vertidos preliminares de agua de aliviadero o de otra toma para mandar señal de incremento de caudal a los organismos acuáticos. Realizar vertidos de agua limpia después del vertido de lodos para evitar la deposición de los sedimentos en el cauce.

- **Medidas de control del azolvamiento.** Realizar desaguados de fondo periódicos aprovechando situaciones de alta disponibilidad hídrica. Otra medida es la primera utilizada en el control de vertidos de lodos propuesta anteriormente.

- **Medidas en caso de vaciado del embalse**. Realizar estudios específicos para determinar las condiciones del vaciado. Estudio de las comunidades piscícolas presentes.

- **Medidas de control de eutrofia causada por contaminación agrícola**. Medidas de control sobre los aportes de aguas residuales de origen agrícola (pre-embalses).

- **Medidas de control de eutrofia causada por contaminación agro-ganadera**. Medidas de control sobre los aportes de aguas residuales de origen agrario y/o ganadero.

- **Medidas de control de eutrofia causada por contaminación urbana e industrial**. Depuración de las aguas residuales urbanas e industriales que vierten en los tributarios del embalse.

- **Medidas de control de eutrofia causada por prácticas de pesca**. Evitar devolver al agua los peces capturados en los concursos de pesca. Si se realizan repoblaciones de peces, analizar previamente la capacidad de carga del sistema, para evitar mortandades.

- **Medidas de control de eutrofia por métodos basados en la potenciación de los macrófitos.** Medidas para favorecer el crecimiento de los macrófitos con la aplicación de técnicas de control (recolecciones periódicas, extracción restos de vegetación).

- **Medidas de control de afloramiento de metano**. En caso de desembalse importante, si existe la posibilidad de afloramiento de metano, controlar la presencia de burbujas en la superficie del agua tras el primer descenso del nivel de 50 cm. Si aparece burbujeo interrumpir el desembalse hasta que las burbujas desaparezcan. Continuar el desembalse con el mismo procedimiento.

- **Medidas correctoras sobre la gestión hidráulica**. Medidas tendentes a limitar en lo posible la oscilación del nivel del agua en el embalse y el régimen de vertidos.

- **Medidas de control del riesgo de flotantes para la navegación**. Retirar los troncos y basuras acumuladas en las laderas del embalse cuando el nivel es bajo, o los que se acumulan en los márgenes.

- **Medidas de control de riesgos hidrológicos**. Limpiar la vegetación y maleza existente en el cauce bajo la presa mediante la realización de clareos periódicos. Realizar vertidos de aliviadero y aumentar el caudal ecológico dentro de las posibilidades de gestión del embalse.

- **Actuaciones en sequía.** En épocas de sequía se deben controlar las concentraciones de oxígeno disuelto, SH_2 y NH_4 en el hipolimnion. No se debe verter cuando estos parámetros son superiores a los estipulados por las normas de vertimiento del país donde se este aplicando esta medología.

- **Actuaciones de protección de las comunidades biológicas en el tramo fluvial bajo la presa**.

- Fijar un caudal de compensación o ampliar el existente para potenciar el desarrollo de las comunidades biológicas en el tramo fluvial bajo la presa.

- No realizar vertidos de fondo si no se garantiza el suficiente caudal de dilución.

- Coordinar los vertidos de las diferentes tomas, de acuerdo con las necesidades de temperatura en el tramo fluvial para la protección de la trucha y de piscifactorías.

- Evitar los vertidos de aguas turbias y con lodos en el período de freza de las truchas.

3.9 PLAN DE MONITOREO Y CONTROL

Esta fase del diagnóstico ambiental, establece el plan o programa a llevar a cabo para realizar un seguimiento a las variables ambientales que se encuentran afectadas o en riesgo de estarlo.

A partir de la información obtenida en las fases de identificación de alteraciones y del plan de manejo ambiental, se determinará el plan de monitoreo y control que podría darse en las siguientes etapas:

- Definición de los impactos y su localización incluidos en el programa de seguimiento a partir de la información aportada en la fase de identificación de alteraciones.

- Definición de los objetivos del programa a partir de la definición de los impactos

- Determinación de los datos necesarios para incorporar en el programa. Entre éstos destacan:

- Parámetros que han de ser sucesivamente medidos para evaluar su comportamiento en el tiempo.

- Determinación de la frecuencia en la recolección de datos.

- Determinación de los lugares del muestreo o áreas de recolección en función de la localización de las actuaciones impactantes.

- Determinación de los métodos de recolección de datos y su forma de almacenamiento (tablas, estadísticas, gráficos, mapas, etc.).

- Definición de criterios para seleccionar la facilidad y comodidad de acceso a los datos por parte de los usuarios.

- Definición de compatibilidad entre formatos de la información.

- Determinación de los métodos para analizar los datos.

- Definición del cronograma de actividades, evaluación de los costos del programa, identificación del personal requerido y definición de responsabilidades.

- Comprobación de la existencia de programas existentes, con datos disponibles, incluyendo la frecuencia y fecha de recolección, ubicación de muestreos y métodos de recolección.

- Puesta en marcha del programa de seguimiento

- Preparación de informes periódicos con: resultados del programa de seguimiento, eficacia observada de las medidas correctoras, exactitud y corrección del diagnóstico ambiental, y perfeccionamiento y adaptación del programa.

Como se ha mencionado anteriormente, la principal variable ambiental afectada es el agua, debido a la existencia de condiciones favorables para que se generen problemas de contaminación de las aguas, con afectaciones a las poblaciones piscícolas y demás factores en dependencia de su utilización. Según Limnos (1996), dentro de los riesgos identificados, el más problemático por sus consecuencias suele ser el vertido de aguas anóxicas y tóxicas que puede provocar una mortandad de peces en el tramo fluvial. Sin embargo, este riesgo se puede prever si se realiza un seguimiento de la

concentración de oxígeno y de SH_2 en el hipolimnion. Del mismo modo el vertido de agua con una alta concentración de NH_4 en un medio receptor cuyo pH es alto (contraembalse o río con abundante crecimiento de macrófitos) puede desencadenar una mortandad de peces al producirse amonio no ionizado que es altamente tóxico para los peces. Es para este tipo de riesgos para los que se han indicado algunos procedimientos sencillos de seguimiento. Estos son:

- Analizar la concentración de oxígeno disuelto en el hipolimnion durante el periodo de estratificación. Si la concentración de oxígeno disuelto es inferior a 1 mg/L entonces analizar SH_2 y NH_4.

- En caso de vertido de agua con SH_2 en un embalse situado aguas abajo, dimensionar la pluma de agua tóxica.

- Analizar la concentración de amonio y el pH en embalses en los que existe abundancia de macrófitos o algas, y el pH puede sufrir incrementos considerables por la actividad fotosintética.

- Seguir el ciclo biológico de las especies de macrófitos para determinar las épocas en las que pueden producirse mortandades.

En lo correspondiente al plan de control o supervisión ambiental, debe realizarse una auditoría para verificar el cumplimiento del plan de manejo ambiental y del programa de seguimiento y monitoreo, de acuerdo a los objetivos trazados y a la normatividad vigente. La metodología propuesta, para realizar esta auditoría, coincide con la planteada en el anterior capítulo

3.10 INFORME FINAL

La última fase en el Diagnóstico Ambiental será la realizar un documento, donde se recoja de manera resumida todo el procedimiento llevado a cabo anteriormente. Este informe final, deberá llevar entonces el siguiente nivel de información:

- Descripción general de la obra
- Caracterización del entorno medioambiental actual
- Alteraciones al entorno identificadas
- Plan de medidas correctoras.
- Plan de seguimiento y control
- Propuesta y programa, en su caso, de estudios complementarios y de detalle necesarios.
- Conclusiones y recomendaciones.

4. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA PRESA pedroso (CASO DE ESTUDIO)

4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se aborda el proceso de Diagnóstico Ambiental de una represa construida, es decir una aplicación de la metodología propuesta en el capítulo anterior para un caso de estudio, la presa “Pedroso” ubicada en la provincia de La Habana (Cuba) construida y puesta en marcha en los años 70´s. En adelante por razones de la terminología utilizada en Cuba, cuando se refiere a presa, se da el mismo significado de represa utilizado en el documento, es decir el conjunto presa-embalse.

Se recopiló toda la información de la presa derivadora “Pedroso” existente, de los estudios previos a su construcción, de los archivos encontrados de cuando fue construida, la información de estudios técnicos realizados en su fase de explotación hasta la fecha, así como se hizo un levantamiento de las condiciones ambientales actuales en el sitio de ubicación utilizando técnicas como entrevistas, trabajo de campo, etc., para realizar una identificación de los impactos que está causando y una propuesta de medidas de corrección y mitigación de los mismos, así como un plan de seguimiento y control.

4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Esta descripción general del de caso estudio pretende dar una ubicación espacio-temporal del mismo, con el fin de ubicar al lector dentro del contexto de la presa, entendiendo a esta como una presa inmersa dentro de todo un sistema hidráulico complejo, una breve reseña histórica, los elementos

componentes del sistema y su descripción, así como su funcionamiento, además de los datos más generales de la presa y su embalse.

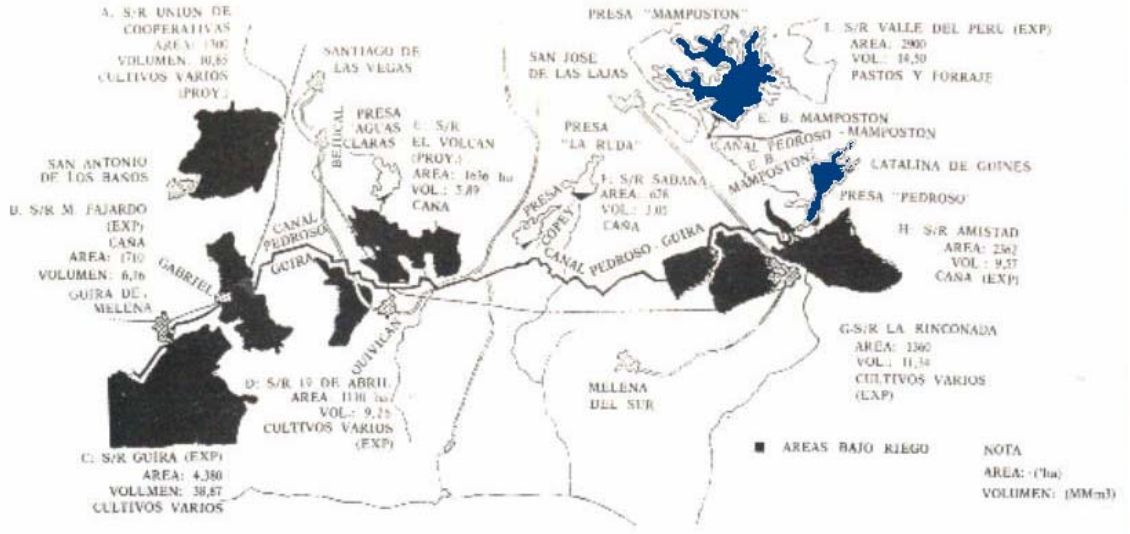
4.2.1 La Presa Pedroso dentro del sistema hidráulico "Pedroso-Mampostón". La presa derivadora "Pedroso" construida en la cuenca del río Mayabeque en las cercanías del municipio de Catalina de Güines en la provincia de la Habana (Cuba) fue concebida dentro de un complejo hidráulico conocido como "Pedroso-Mampostón", siendo este uno de los más completos de Cuba, con el objetivo de suministrar agua para regadío a la agricultura, actividad realizada por los asentamientos poblacionales radicados en la margen del río Mayabeque desde épocas ancestrales.

Con los cambios que se han introducido en la política económica cubana desde la década de los 90's, la presa es manejada por la Unidad Básica Empresarial del Este (UBE-Este) de la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de La Habana.

Para entender el funcionamiento de la presa "Pedroso" como derivadora, se hace necesario conocer el funcionamiento del sistema como tal, describiéndose brevemente a continuación. (Figura 6)

Reseña Histórica. La cuenca "Mayabeque" cuenta con un importante potencial hídrico, aunque no posee grandes ríos, tiene un régimen de escurrimiento alto, pero condicionado a los periodos lluviosos y de sequía, cuenta con tierras muy fértiles sometidas de antaño a la agricultura, principalmente de cultivos de tubérculos, hortalizas y caña de azúcar.

Figura 7. Esquema del sistema hidráulico Pedroso-Mampostón



Entre los precedentes importantes para la construcción de una represa en esta cuenca, se tiene que en la parte costera sur de la cuenca no disponía de fuentes de abasto de aguas superficiales, por lo que se recurrió a sus acuíferos subterráneos que por su sobreexplotación presentaban descenso de sus niveles freáticos y alta presencia de cloruros, generándose un problema de abastecimiento. "El sistema hidráulico Pedroso-Mampostón ha surgido como consecuencia de un proceso de estudios hidroeconómicos que duró aproximadamente tres años (1968-1971), con el fin del aprovechamiento de las aguas y la satisfacción de las demandas en la región de Mayabeque. Es el mayor sistema hidráulico de la provincia de La Habana y de vital importancia para la satisfacción de los objetivos planteados". (Marrero de León, López Gavilán del Rosario , 1976)

Inicialmente el sistema fue concebido con la presa "Güines", propuesta como reguladora principal, previéndose trasladar aguas sobrantes de la provincia

de Matanzas (ríos Canímar, San Juan y San Agustín) a la Habana, utilizándolas conjuntamente con las aguas del río Mayabeque.

El funcionamiento del sistema "Pedroso-Güines" consistiría en la construcción de la presa "Pedroso" en el río Mayabeque, de la cual se derivaría un canal de riego de 8.30 Km al margen derecho del río, al final de este canal se ubicaría una estación de bombeo para impulsar las aguas hasta la presa "Güines" que regularía interanualmente el escurrimiento.

Estudios técnicos llevados a cabo entre 1969 y 1970 arrojaron resultados poco satisfactorios para la construcción de la presa "Güines", por lo que se buscaron soluciones para cumplir con el objetivo de regular las aguas del río Mayabeque. Nace entonces la idea de sustituir la presa "Güines" por la presa "Mamposton" ampliada, bombeándose las aguas a esta desde la presa derivadora "Pedroso".

El "Informe técnico-económico sobre el aprovechamiento de los ríos Canímar, San Juan, San Agustín y Mayabeque" (Agosto de 1970), estudió siete variantes de acuerdo a las condiciones especificas de la zona encontrando al sistema hidráulico "Pedroso-Mampostón" como un regulador general y compensador temporal, anual, hiperanual de las aguas del río Mayabeque. (Marrero de León, López Gavilán del Rosario , 1976)

Obras componentes del sistema[3]

La variante definitiva escogida para el sistema recoge una serie de obras, de las cuales se describirán a continuación sus características generales.

[3] MARRERO DE LEÓN, LOPEZ GAVILAN. Estudios sobre la operación a corto y mediano plazo del sistema hidráulico pedroso-Mampostón,

- **Presa derivadora Pedroso**: Concebida para cumplir los propósitos de regulación temporal de los caudales del río Mayabeque, para ser bombeados al embalse Mampostón; captación y redistribución de las aguas para el riego; compensación de las irregularidades diarias del riego. Volumen embalsado de $4{,}87 \times 10^6$ m^3.

- **Estación de bombeo Pedroso**: Llamada también estación de bombeo "Pedroso-Mampostón", ubicada en la cola del embalse "Pedroso" y unida a la estación de bombeo "Mampostón" por el canal "Pedroso-Mampostón" con una ligera pendiente hacia "Pedroso". Consta de cuatro bombas para un gasto total de 8,6 m^3/s, con una carga de 43 m, potencia de 4800 KW y con motores de 1200 KW.

- **Canal Pedroso-Mampostón:** Obra conductora que traslada las aguas bombeadas desde "Pedroso" hacia "Mampostón" (8 m^3/s) y en la dirección contraria se conducen las cantidades de agua necesarias para suplir la diferencia entre las demandas de riego en la Costa Sur y los aportes del embalse Pedroso (12 m^3/s). Como función adicional transporta las aguas necesarias para el riego de las zonas situadas entre los dos embalses. La longitud del canal es de 8,748 Km, 4 m de plato, revestido con placas de hormigón, con una pendiente casi nula.

- **Presa Mampostón:** El embalse creado por esta presa funciona como regulador anual e hiperanual, tanto de las aguas del arroyo La Luz, como de las del río Mayabeque, captadas por la presa Pedroso Volumen embalsado de 155×10^6 m^3.

- **Estación de bombeo Mampostón:** Situada en la zona inmediatamente aguas abajo de la presa "Mampostón". Consta de cuatro bombas para un gasto de 8,6 m^3/s, una carga de 30 m, potencia de 3400 KW y con motores de 850 KW.

- **Canal Pedroso-Güira:** Tiene una longitud de 61,8 Km, 2 m de plato, revestido con hormigón, con un gasto normal de 10 m^3/s y un gasto forzado de 12 m^3/s. Su función principal es la de trasladar las aguas desde la cuenca del "Mayabeque" hasta tierras fértiles del suroeste de la provincia La Habana, beneficiándose 17 436 ha. Sus entregas se realizan en ruta a diferentes usuarios.

Descripción de la operación del sistema. La magnitud y perfección de diseño del complejo hidráulico "Pedroso-Mampostón" hace que sea considerado como el principal de la provincia La Habana y como uno de los más completos de Cuba.

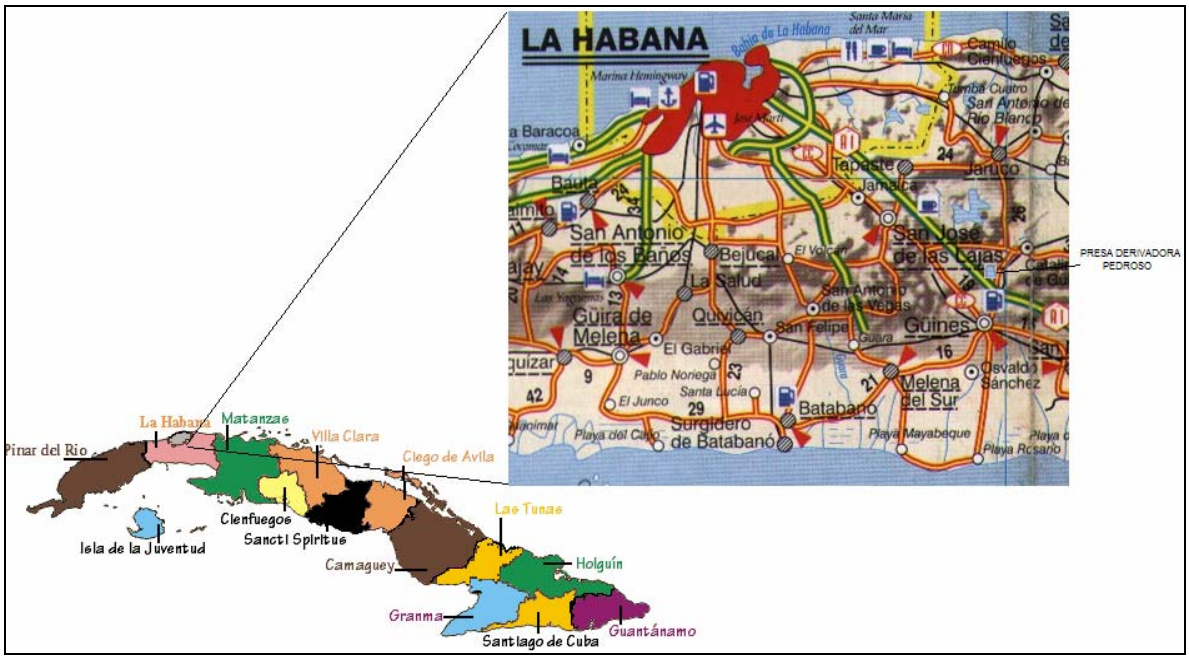
Se identifican dos ciclos de operación dentro del sistema, en el primero denominado "Pedroso-Mampostón" las aguas provenientes del río Mayabeque son derivadas desde la presa "Pedroso" por un canal de acceso hasta una estación de bombeo en el extremo del embalse, de donde se bombean las aguas pasando por dos tuberías de acero soterradas hasta el canal "Pedroso-Mampostón", que las lleva por gravedad hasta otra estación de bombeo situada al pie de la presa "Mampostón". Desde esta estación se bombean las aguas al embalse "Mampostón" pasando por dos tuberías metálicas que atraviesan la cortina de la presa.

El segundo ciclo, "Mampostón-Pedroso", se realiza en la dirección contraria al primero y totalmente por gravedad desde la presa "Mampostón" hasta el embalse "Pedroso". A partir de este embalse, por la toma de la derivadora, las aguas del río Mayabeque recorren 61,8 Km del canal "Pedroso-Güira" por las zonas agrícolas de riego del sur de la provincia de La Habana, alejadas del río.

4.2.2 Datos Generales

Ubicación física. La presa se localiza en la cuenca “Mayabeque”, la cual esta situada en el occidente de la isla de Cuba, específicamente en el centro y Este de la Provincia Habana, enmarcada en las coordenadas N: 361 600 a la 314 350 E 378 000 a 414 700, perteneciendo a la vertiente Sur. En la cartografía nacional se encuentra en la hoja 3784-I-d Güines a Escala 1:25000. (Figura 8)

Figura 8. Localización de la presa Pedroso



Objetivo de la obra. Regulación de avenidas originadas por el escurrimiento de la cuenca del río “Mayabeque” y sus afluentes. Derivar estas aguas de escurrimiento y trasvasarlas hacia el embalse “Mampostón”, además de distribuir sus aguas para el regadío hacia zonas agrícolas del Sur y Suroeste de la provincia.

Tipo de represa. La presa “Pedroso” es de tipo Derivadora, ya que de esta se derivan sus aguas a la presa “Mampostón” y al sistema de regadío que depende de esta (Pedroso).

Nivel de importancia. El nivel de importancia en Cuba está clasificado por Categorías, la presa se encuentra en la Categoría I, indicando el nivel de importancia más alto. En el año 1999 fue calificada como obra excelente, distinción que le da el INRH.

Vías de acceso. Por la Autopista Nacional en el Km 42 tomando la carretera Catalina-Güines hacia el norte 1 Km. Alternativamente, también por la carretera central hasta Catalina de Güines y de ahí por la carretera Catalina-Güines Km 4,5.

Fechas de construcción y puesta en explotación
Fecha de inicio de la construcción: 1972
Fecha de terminación de la construcción: 1976
Fecha de inicio de explotación de la obra: 1981

Estado de conservación. El último informe técnico anual (García, 2004) concluye que las condiciones técnicas y de mantenimiento de obra son satisfactorias.

4.2.3 Datos Técnicos

Localización del cierre. Las coordenadas del cierre son 339 310 N y 396 960 E.

Cotas de embalse
Nivel de aguas normales (NAN): 76.00 m.s.n.mNivel de aguas máximos en

avenidas (NAM): 78.00 m.s.n.m

Nivel de aguas mínimos o muerto (NM): 74.00 m.s.n.m

Capacidad de embalse

Normal: 4.87 m^3x10^6

Máximo (Avenidas): 9.40 m^3x10

Muerto: 1.80 m^3x10^6

Superficie de lámina de agua

Normal: 2.680 Km^2

Máximo (Avenidas): 4.780 Km^2

Muerto: 0.913 Km^2

Los datos anteriores pueden resumirse, como se muestra en el Cuadro 13

Cuadro 13. Resumen niveles, volumen y superficies del embalse Pedroso

	Cota (m.s.n.m.)	Volumen (m^3x10^6)	Área (Km^2)
N.A.M	78.00	9.40	4.780
N.A.N	76.00	4.87	2.680
N.M	74.00	1.80	0.913

Presa (Cortina)

Tipo de cortina: Homogénea de tierra

Material: Arcilla compactada

Longitud de la cortina medida sobre corona: 745 m

Ancho de la corona: 4 m

Ancho de base (máx): 70 m.s.n.m.

Cota de base (cauce): 67.00 m.s.n.m.
Cota de la corona: 80 m.s.n.m.
Altura máxima (fondo del río): 13 m
Altura máxima de la cortina (incluyendo zampeado y dentellón):18 m
Pendiente del talud: Talud mojado: 1:3 Talud seco: 1:2.5

Revestimiento de los taludes:
Aguas arriba: Filtro de 3 capas de arena y grava, encima losas de hormigón fundidas “in situ”.
Aguas abajo: Césped.
Prisma de drenaje: Revestido de concreto “in situ”.
Longitud: 440 m
Altura máxima: 4 m
Cota de la corona: 76.00 m
Presenta lloraderos y un dren entubado que desemboca en el río.
Medición del gasto de infiltración Qinf.=0.4 l/seg.

4.2.4 Datos Hidrológicos

Superficie de la cuenca aportadora. El área de la cuenca Mayabeque tiene una extensión superficial de 984 Km^2 incluyendo territorios de 7 municipios, entre los que se encuentran: “San José de las Lajas” (253.4 Km^2), “Güines” (373 Km^2), “Madruga” (132.7 Km^2), “Jaruco” (111.6 Km^2), “San Nicolás” (21.5 Km^2), “Melena del Sur” (85.4 Km^2). Esta cuenca para su estudio hidrológico esta dividida en tres áreas fundamentales, ellas son: la Subcuenca “Mampostón”, con una extensión territorial de 184.9 km^2, la Subcuenca “Americano-Culebra” con 316.1 km^2 y la “Cuenca Baja del Mayabeque” con 483.0 km^2. Hasta el cierre de la presa Pedroso tienen influencia las áreas de las subcuencas Mampostón y Americano-Culebra, es decir una superficie de 501 Km^2 aproximadamente.

Ríos, afluentes y demás cauces afectados. El río Mayabeque ha sido el afectado principalmente, además de su principal afluente río Americano.

Escurrimiento medio anual. Escurrimiento medio anual: 213 x10^6 m^3.

Caudales de avenidas. Avenidas máximas según probabilidades.

Cuadro 14. Caudales de avenidas para diferentes probabilidades

Probabilidad (%).	Lluvia (mm)	Tiempo retardo (min).	Caudal de avenidas máx. (m^3/seg.)	Volumen de avenidas máx. (x10^6 m^3).
20			420	-
10	210	690	740	55
5	250	660	970	74
1	340	590	1 640	115
0.5 *	408	560	2 060	158
0.1			3 150	

Como resumen se presentan las principales características morfométricas del embalse pedroso. (Cuadro 15)

Cuadro 15 Parámetros morfométricos del embalse Pedroso

Parámetros	Unidades	Dato
Área de la cuenca Hidrográfica	Km^2	501
Altitud	m.s.n.m	76
Latitud Norte	° ´ “	22° 52´46”
Longitud Oeste	° ´ “	82°0´19”
Área del embalse (NAN)	Km^2	2,680
Área real alcanzada	Km^2	1,475
Volumen (NAN)	m^3	4,870
Volumen real alcanzado	m^3	2,732
Profundidad media	M	1,8
Profundidad máxima	M	14
Profundidad relativa	%	0,80
Prof media:Prof máxima		0,13
Tiempo de residencia	Años	0,043

4.2.5 Elementos de la obra

Aliviadero

Tipo de Aliviadero: Aliviadero vertedor, perfil práctico con compuertas metálicas de sector y compuertas de emergencia.
Longitud sección vertedero: 70.00 m
Cota cresta Cimacio: 71.00 m
Cota del pozo amortiguador: 66.00 m
Cota vertedor aguas abajo (umbral ancho): 67.00 m
Ancho vertedor aguas abajo (umbral ancho): 67.00 m

Obras de toma
Nombre: Obra de toma del canal "Pedroso-Güira":
Tipo de entrega: Gravedad
Tipo de obra de entrada: Torre con galería sumergida
Gasto máximo calculado: 30 m^3/seg.
Gasto de explotación: 12 m^3/seg.

Nombre: Obra de toma de la estación de bombeo "Amistad"
Tipo de entrega: Bombeo
Tipo de obra de entrada: Torre y a continuación tubería sumergida.
Gasto de entrega: 5 m^3/seg.

Compuertas:
Cantidad: 5 compuertas del tipo metálicas de sector
Gasto por cada compuerta: 328 m^3/s.
Q total de las 5 compuertas: 1 640 m^3/s. (para 1 % de probabilidad).
Q de diseño: 2060 m^3/s.
Dimensiones de las compuertas: 12.00x 5.00 m.

Canales

Nombre: Canal trasvase Mampostón-Pedroso:

Cuadro 16. Características del canal de trasvase Mampostón-Pedroso

Nivel del Agua	Cota (m)	Tirante (m)	Gasto (m^3/seg)
N.A.M.	109.00	2.10	12
N.A.N.	107.00	1.86	10
N.A.Mín.	106.00	-	-

Cota del fondo: 104.00 m

Longitud: 7 km

Ancho en el nivel de aguas máximas: 10.30

Ancho del plato: 4.00 m

Pendiente de los taludes: 1:1.5

Pendiente: 1:00000 en el sentido Mampostón-Pedroso (pendiente casi 0%)

Rugosidad (n)=0.016

Tipo de solución hidrométrica: Sección de aforos

Gasto máximo en el sentido Mampostón-Pedroso: 12 m^3/s

Gasto máximo en el sentido Pedroso-Mampostón: 8.6 m^3/s

Obras derivadas: 4 alcantarillas, 14 puente canal, 2 aliviaderos, 1 distribuidor con aliviadero incorporado hacia el río.

Nombre: Canal magistral Pedroso-Güira:

Longitud: 60.883 km subdividido en tres tramos fundamentales

Seccion Hidraulica: Trapezoidal

Primer tramo:

Longitud: 47.46 km

Gastos: Normal: 10 m^3/seg. Forzado: 12 m^3/seg.,

Pendiente Promedio: 0.00024

Revestimiento taludes: losas prefabricadas de 4.20x2.00x0.08m unidas por medio de aceros salientes recubiertas con mortero y el plato es fundido"in situ" en paños de 16 m con juntas de dilatación.

Segundo tramo:
Longitud: 7.94 km
Gastos: Normal: 10 m^3/seg. Forzado: 12 m^3/seg.,
Pendiente Promedio: 0.00024

Revestimiento taludes: losas prefabricadas de 4.20x2.00x0.08m unidas por medio de aceros salientes recubiertas con mortero y el plato es fundido"in situ" en paños de 16 m con juntas de dilatación.

Tercer tramo:
Longitud: 5.483 km 7.94 km
Gastos de diseño: 5 m^3/seg (nunca se cumple)

Revestimiento taludes: losas prefabricadas (sin acero saliente), pero de diferentes dimensiones, en el subtramo VII de 4.20x2.00x0.08 y en el subtramo VIII de 3.50x2.00x0.08.

Consideraciones: Este canal ha tenido problemas de pérdidas en su conducción desde el mismo momento de su construcción, debido a diversas causas, como calidad en las juntas y en las losas, su proyección se realizo para entregas diarias (24 horas) que nunca han llegado ha realizarse, las condiciones edafológicas y geológicas no son favorables pues se presentan formaciones carsicas y suelos con coeficientes de permeabilidad promedio altos. Como solución se le hizo un revestimiento que merece ser estudiada su efectividad.

Estaciones de Bombeo .

Nombre: Estación de Bombeo “Pedroso”.

Tipo de Bombas instaladas: 4 electrobombas verticales de fabricación japonesa, Toshiba Co. L.T.D., marca: EVARA.

Año de fabricación: 1972

Caudal de diseño: 2.15 m^3/s. Cada una, para un caudal total de 8.6 m^3/s.

Presión de agua (presostato)= 2.4 kgf/cm^2.

Motor de inducción: de 3 fases, tipo Tike, de 12 polos, inducción del estator clase F., frecuencia=60 Hz., Temperatura de trabajo ambiente de 40°C (a los 80°C el motor se dispara automáticamente)

Potencia instalada: 4800 Kw. (1200 Kw. cada una).

Horas de trabajo: 21 horas, período de bombeo: 6 meses, específicamente en el período lluvioso si existen buenos niveles en la derivadora “Pedroso” y siempre y cuando sea factible económica, estratégica y operacionalmente.

4.3 CARACTERIZACION DEL ENTORNO MEDIOAMBIENTAL

4.3.1 Medio físico

Clasificación de la cuenca según su origen. El origen de la cuenca es natural, pero en la actualidad se encuentra modificado por la acción antrópica del hombre. Se han realizado grandes modificaciones entre las que podemos citar el cambio y rectificación de los cursos de los ríos, construcción de presas (Pedroso, Mampostón, etc), canales y zanjas. Producto del desarrollo socio-económico de la región se han creado dentro del territorio de la cuenca

numerosos asentamientos poblacionales tanto urbanos como rurales, se han construido centros de producción y servicios, viales, ferrocarriles, líneas eléctricas y de comunicaciones. (Hernández y Garcia, 2001)

Clima. La región occidental de la isla donde está ubicada la cuenca se encuentra en la frontera entre la zona de circulación tropical y la extratropical, esto determina estacionalmente las características del régimen de la circulación atmosférica sobre el territorio. En invierno la variabilidad meteorológica se hace notable lo que se manifiesta en cambios bruscos diarios, asociados con zonas frontales y centrales de bajas presiones extratropicales que anteceden a la influencia de las altas presiones del Anticiclón Migratorio Norteamericano. Durante el verano la variabilidad del tiempo está asociada fundamentalmente a disturbios propios de la zona de circulación tropical, como son las perturbaciones ondulatorias del flujo del Este y los ciclones. Ocurren importantes eventos meteorológicos como huracanes. (Hernández y García, 2001)

Para la caracterización actual del clima del entorno de la represa específicamente se encontró el problema de no poseer una estación hidrometeorológica en las proximidades de la misma, por lo que se recurrió a los datos de la estación hidrometeorológica " Sierra Maestra", ubicada en la cuenca para una serie de 22 años, registros que llegan hasta el año 1994, pero que no resultan representativos, dada la lejanía de la estación.

Radiación solar. La radiación media anual se encuentra en el rango de 16.0 a 16.5 $MJxm^{-2}$. La marcha anual muestra máximos en Abril y Julio, con valores del orden de 20 $MJxm^{-2}$.

Insolación: La insolación media anual en el área de la cuenca fluctúa entre 2700 y 2900 horas-luz al año. El promedio histórico anual es de 2701 horas-

sol. En el período invernal es donde se registran los menores valores de insolación solar, específicamente en el mes de febrero con 199 horas-sol, en primavera específicamente en el mes de abril es donde se registran los máximos valores de insolación con 257 horas-sol.

Temperatura. En la cuenca pueden diferenciarse dos tipos de territorios: de llanuras costeras, caracterizadas por el predominio de los rangos de temperaturas máximas y mínimas diarias de 20 a 25 C^o y de 25 a 35 C^o respectivamente y las llanuras interiores, donde los rangos predominantes son de 15 a 25 C^o y de 30 a 35 C^o respectivamente, que es el tipo de territorio que concierne a la presa.

Cuadro 17. Resumen de temperaturas del aire (1972 – 1994)

Temperatura media histórica	Verano (°C)	Invierno (°C)	Anual (°C)
Mínima	21.1 C^o	17.3 C^o	19.2 ^{o}C.
Media	25.8 ^{o}C.	22.0 ^{o}C.	23.9 ^{o}C.
Máxima	30.6 C^o	27.0 C^o	28.8 ^{o}C.

De esta serie histórica de datos de temperaturas del aire no pueden observarse cambios después de la puesta en explotación del embalse, dado que la estación donde se monitorearon no es representativa por encontrarse muy distanciada.

Vientos: Predominan los vientos al noreste, aunque esta variable depende de los fenómenos meteorológicos.

Relieve. El lugar donde esta localizada la presa puede definirse en una unidad Alturas de Bejucal–Madruga-Coliseo (Según el Atlas Nacional de Cuba, 1989)

Hidrología. La presa derivadora Pedroso capta principalmente las aguas del río mayabeque y sus afluentes. Los ríos principales tienen las siguientes longitudes:

Río Americano: 13,5 Km
Río Culebra (afluente del Americano): 12,3 Km
Río Mampostón con su continuación el río Ganuza: 14 Km
Longitud total de los rios: 224 Km
Densidad fluvial: Df: 0,376 Km/Km^2
Densidad de drenaje de la cuenca: 0.60 Km/Km^2

La variable precipitación se ha monitoreado en la estación Pedroso desde 1965 hasta la fecha (Figura 4.3). Del mismo, no se inducen cambios significativos en el régimen de lluvias debido a la existencia del cuerpo de agua, por ser este pequeño, además de no contar con una serie histórica más representativa de datos anteriores a la construcción de la presa para la realización de un análisis serio. ..

Según el estudio hidrológico de la cuenca para la realización del proyecto, se tienen las siguientes características:

Precipitación promedio para el periodo seco: 53 mm
Precipitación promedio para el periodo húmedo: 219 mm

Evaporación promedio para los meses de Sept-Feb. es de 92 mm
Evaporación promedio para los meses de Marz-Agos. es de 132 mm

Escurrimiento hasta el cierre.

El escurrimiento medio anual es de 208 Hm^3. Durante el período lluvioso el

escurrimiento es mucho mayor que en el período seco, aunque esta corriente mantiene un flujo mínimo debido al aporte de los manantiales.

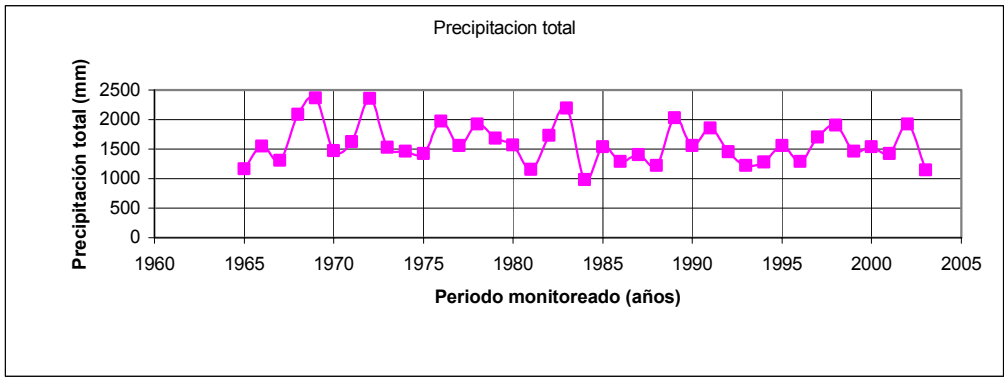
Gastos máximos de avenidas

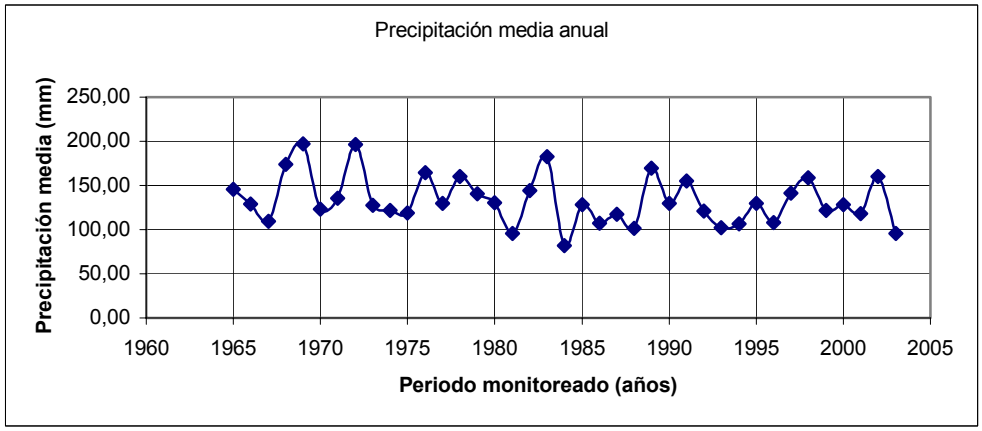
Cálculo por el método Bulet. V.

Sin considerar vertimientos de la presa Mampostón.

Probabilidad	0.10%	0.50%	1%	5%	10%	20%
Gasto Máx. (m^3/s)	3150	2060	1640	970	710	420
Vol. Ave. (10^6 m^3)		158.0	113.0	74.0	55.0	

Figura 9. Comportamiento de la precipitación en la presa Pedroso





Redes de monitoreo hidroclimáticas. Al sur del actual aliviadero de la presa (600 m) se encontraba la estación hidrométrica Pedroso, instalada en el cauce del río Mayabeque, en las coordenadas N: 338 620, E: 396 920, en el municipio de Güines, a 5 km al Noreste del referido pueblo, en el cual se registraron los siguientes datos de caudal medio mensual y anual para un período de entre 1968 y 1978.

Cuadro 18. Datos de la estación hidrométrica

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Media	5,61	4,97	4,91	4,62	5,56	10,48	9,52	8,36	9,18	9,74	7,20	6,05	7,18

De los hidrógrafos de avenida observados en este cierre (60 avenidas), se concluyó que el tiempo de concentración promedio de la cuenca aguas arriba del cierre de la derivadora “Pedroso” es de 12 a 15 horas con un tiempo de concentración promedio menor en el caso de la subcuenca del río “Mampostón” (8 a 12 horas) y un tiempo de concentración del pico de la crecida mayor en el caso de la subcuenca del río “Americano-Culebra” (15 a 16 horas)...

Cerca del cierre de la derivadora se encontraba instalada la estación evaporimétrica de Pedroso, en la cual existían 1 pluviómetro, 1 pluviógrafo, un evaporímetro clase "A" del Wheather Bureau**,** con su termómetro de medición de la temperatura del agua y su anemómetro superficial. Actualmente solo existe 1 pluviómetro en funcionamiento en este lugar. En los registros de distribución mensual de evaporación para el período comprendido entre 1997 y 2000 de esta estación, se encontró que la evaporación promedio para los meses de septiembre a febrero fue de 92 mm. y la evaporación promedio para los meses de marzo agosto de 132 mm.

Red de monitoreo y control de calidad de las aguas: En la cuenca superficial del "Mayabeque" se cuenta con una Red de Control de Calidad de las Aguas en la que están incluidos dos cuerpos de agua y pozos de observación y algunos puntos adicionales de muestreo en el curso del propio río Mayabeque. Para efectos del estudio se tendrán en cuenta, el punto de muestreo con coordenadas 329 200 N y 397 000 E ubicado en la presa Pedroso y el punto de muestreo de la presa Mampostón, con una periodicidad trimestral para el caso de los embalses Pedroso y Mampostón, realizando un estudio físico químico, el cual comprende la medición de Ca, Mg, Cl, HCO, SO, pH y Ec. Este monitoreo no nos da una muestra representativa para determinar el comportamiento de la calidad del agua a través de los años. Se encontraron registros de mediciones desde el año 2001 hasta la fecha, pero con el agravante de que estas no se hicieron de manera sistemática, por lo que aparecen mediciones de algunos parámetros y de otros no, además de que estos parámetros medidos no son indicadores para determinar la existencia de eutrofización, sumando a esto que no existen estudios de los residuales de los focos contaminantes de las fuentes del embalse (Ver Cuadro 19).

Cuadro 19. Monitoreo de la calidad de las aguas en la presa Pedroso

NOMBRE	FECHA MUESTREO	Ca NMP/100 ml	Mg mg/l	Cl mg/l	HCO mg/l	SO mg/l	pH	Ec mhos/cm
DERIVADORA PEDROSO	31/03/2004	51,02	4,44	15,66	234,24	16,12	7,74	320
	22/06/2004	82,18	53,68	14,56	317,2	-	7,39	530
	20/09/2004	79,3	2,63	16,05	287,9	16,09	7,43	410
	2003 (sin dato)	26,66	40,6	25,54	292,8	14,12	7,6	400
	2003 (sin dato)	85,46	4,73	10,44	341,6	6,66	7,58	470
	20/03/2002	78,3	4,06	11,28	229,36		7,53	320
	22/07/2002	41,1	22,4	26	196			480
	27/11/2002	102,4	4,86	66	317,2			520
	14/08/2001	84,8	3,88	22	222			420
	29/11/2001	91	17	40	234			440

Para la determinación de la calidad de las aguas del embalse Pedroso hay que tener en cuenta que a este le llegan las aguas trasvasadas del embalse Mampostón. Las aguas de este embalse no presentan problemas ya que en cuenca tributaria se encuentran pocos focos contaminantes debido a su pequeña extensión, entre ellos, algunas vaquerías de la Empresa Pecuaria "Valle del Perú", indicando que sus aguas tienen pequeñas proporciones de materia orgánica y sólidos en suspensión por la erosión de los suelos. Además, en el cuerpo de agua no se nota presencia de algas o macrófitas, indicador de no eutrofización en el embalse

La presa derivadora Pedroso, presenta grandes niveles de contaminación de sus aguas por origen antrópico, dadas las grandes dimensiones de su cuenca tributaría, se presentan varios focos contaminantes, de tipo doméstico, industrial, agropecuario, etc. Estos focos contaminantes aportan gran cantidad de contaminantes al acuatorio y con la ayuda de la topografía llana del vaso, se dan las condiciones para que haya eutrofización en el mismo. En el cuerpo de agua se nota la presencia de vegetación acuática, principalmente de Jacinto de Agua (Eichhornia crassipes). La variabilidad de los niveles del embalse por ser este una derivadora origina la muerte en masa de las hidrófilas, el tipo de agua de la cuenca es hidrocarbonatada cársica-magnesiana, su dureza y alcalinidad es algo elevada. Todo esto lleva consigo un aumento del los niveles de nitratos, nitritos, fosfatos, disminución del pH, déficit de oxígeno disuelto en agua, etc.

Debido a las características del relieve de la zona del embalse, existen algunas coincidencias entre los límites de las cuencas superficiales y subterráneas. La cuenca subterránea que se encuentra en la zona de estudio es la cuenca Mampostón-Jaruco con sus respectivas subcuencas Jaruco y Mampostón. (Figura 4.4). Las principales características de estas son:

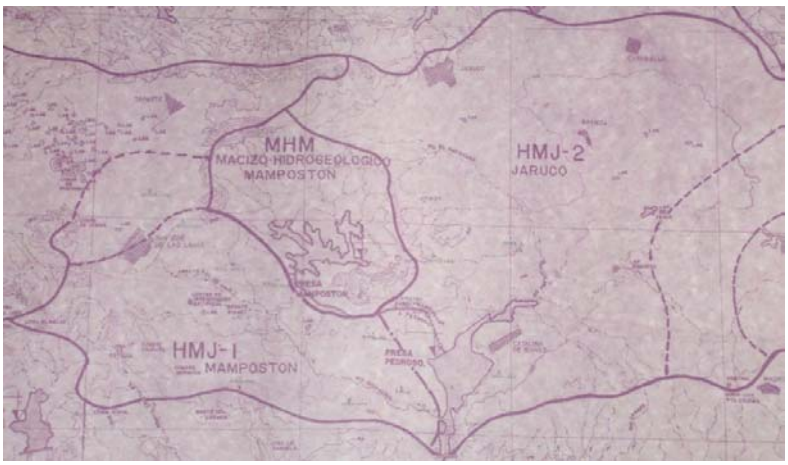
Cuadro 20. Características de la cuenca subterránea

TRAMO O SUBCUENCA	INDICE	AREA (km²)	RECURSO (x106 m³)	MODULO (l/s/Km²)	T (m²/d)		P (m/d)	
					r	Vm	r	Vm
MAMPOSTON	HMJ-1	130	60	14,6	50-10000	2700	1-2,500	117
JARUCO	HMJ-2	316	140	14,1	50-50000	7500	1-3,500	288

TRAMO O SUBCUENCA	H (m)		S	Q (l/s)		q (l/s/m)		NE (m)		I	
	r	Vm	Vm	R	Vm	R	Vm	R	Vm	r	Vm
MAMPOSTON	10-100	23	0,08	1-300	42	1-100	23	1-085	16	0,04--0,0005	0,01
JARUCO	10-150	26	0,16	1-300	100	1-100	58	3-050	22	0,04-0,0005	0,01

No existen estudios que indiquen relación entre esta cuenca subterránea y el embalse. Sin embargo, se menciona que cuando suben los niveles del embalse igualmente lo hacen los niveles piezométricos.

Figura 10. Cuenca subterránea de la presa Pedroso



Geología. El vaso esta compuesto por Caliza carsificadas del mioceno con espesor variable de 70 a 80 m, la cual descansa en un estrato impermeable de marga, la caliza presenta un coeficiente de permeabilidad de 250 m/día. Una pequeña parte (cerca de la cortina) cae en calizas del Eoceno, calizas arcillosas (margas) y arcillas margosas. En el cierre de la presa se presenta una base heterogénea, representada por calizas, calizas arcillosas (margas), arcillas de la edad eoceno mas arcillas aluviales del cuaternario.

Geomorfología. Dentro del relieve de la cuenca se encuentran las alturas tectónico-estructurales Edad Plioceno-Cuaternario.

Se presentan las siguientes características:

Altitud media de la cuenca (hasta el cierre de la derivadora “Pedroso”: 130.00 m.s.n.m.

Altitud máxima de la cuenca: 284.50 m.s.n.m. (hasta el cierre de la derivadora “Pedroso”).

Altura máxima de la subcuenca “Mampostón”: 284.50 m.s.n.m.

Altura máxima de la subcuenca “Americano-Culebra”: 330.30 m.s.n.m.

Altura máxima de toda la “Mayabeque”: 330.30 m.s.n.m.

Altitud mínima de la cuenca”: 67.00 m.s.n.m. (hasta el cierre de la derivadora “Pedroso”).

Altura mínima de la subcuenca “Mampostón”: 76.00 m.s.n.m.(Cola de la derivadora “Pedroso”=N.A.N.).

Altura mínima de la subcuenca “Americano-Culebra”: 76.00 m.s.n.m.(Cola de la derivadora “Pedroso”=N.A.N.).

Altura mínima de toda la “Mayabeque”: 0 m.s.n.m. (nivel del mar).

Pendiente media de la cuenca: 2,4% (relieve llano)

Suelos (Edafología). En el vaso del embalse y a sus alrededores, se encuentran las siguientes unidades:

Al noreste: Arcilla Yagüajay profunda sobre arcilla plástica y material transparente aluvial de origen no carbonatito.

Al sureste: Arcilla Palma poco profunda sobre arcilla calcárea y presencia de estratos rocosos.

Al suroeste: Arcilla Santa Clara poco profunda sobre caliza.

Al oeste: Arcilla Trufin profunda sobre caliza.

Al noroeste: Arcilla Hatucy, atico profundo sobre arcilla plágioclasica.

Los procesos de erosión en la cuenca son: *muy débiles* en suelos con pendientes de 1° o menor, es decir en la zona llana con suelos F. rojos, Vertisuelos y suelos Hidromórficos; *débiles* en suelos con pendientes entre 0.5 y 3°, con perdidas de hasta 8 cm del horizonte A; *media* en relieve ondulado y de alturas, o sea, diseccionado. Las pendientes de la cuenca son del orden de los 3 a 5° e incluso mayores, sin embargo esta clasificado como un relieve llano. La pérdida de suelos puede alcanzar los 18 cm. La cabecera de la cuenca es la que presenta erosión media.

En la zona del embalse no existen zonas afectadas por mal drenaje o salinidad. Según Hernández y García (2001) estas afectaciones existen hacia la zona del litoral. Además, estos autores afirman que la compactación afecta a los suelos más productivos de la cuenca, como son los Ferralíticos rojos y los Pardos con carbonatos, que se utilizan en los cultivos varios y en el cultivo de la caña de azúcar, además que el incremento de los valores de pH como otro de los fenómenos de degradación, afecta a los suelos F. rojos y amarillentos, encontrando estos primeros una tendencia decreciente en su contenido de materia orgánica.

Flora y Vegetación. La cuenca hidrográfica del Mayabeque se localiza en la provincia fitogeográfica Archipiélago Cubano, perteneciente a la subregión Antillana, región del Caribe del reino Neotropical. Predomina actualmente en la cuenca la vegetación cultural:

- Cultivos agrícolas con focos de pastos y vegetación secundaria.
- Pastos con focos de cultivos, sabanas naturales y vegetación secundaria.

La descripción de la flora se hace de acuerdo al tipo de formaciones vegetales, las cuales se dividen en los grupos siguientes:

- Formaciones arbóreas (bosques)
- Formaciones herbáceas
- Complejos de vegetación
- Vegetación secundaria

Formaciones arbóreas (bosques):

Bosques semicaducifolios: Representa la vegetación nativa de la cuenca, de gran abundancia y dispuestos sobre suelos de origen calizo, rojos o

pardos, ricos en maderas preciosas. Tienen la característica de que entre el 40 y el 65 % de sus árboles emergentes y los del estrato arbóreo superior pierden sus hojas durante la época de sequía. Presentan un subestrato inferior siempre verde y uno superior de árboles y palmas que pueden alcanzar 25 o más metros de altura. Tienen estratos arbustivos y herbáceos, con lianas y epifitas abundantes. En la actualidad las especies más representativas son: ceiba (Ceiba pentandra), almacigo (Bursera simaruba), palma real (Roystonea regia), yaba (Andira inermes), dagame (Calicophylum candidissimum), cedro (Cedrela odorata), baría (Cordia gerascanthus), sabicú o jigüe (Lysiloma sabicu), caoba cubana (Swietenia mahagoni), roble caimán (Catalpa puntata), guara hembra y macho (Cupania americana y C. glabra), jibá (Erythroxylum havanense), guaguasí (Zuelania guidonia), etc. Este bosque se localiza en la actualidad en pequeñas áreas, entre ellas en la franja de protección de la derivadora Pedroso. Estos bosques han estado sometidos a una tala selectiva de sus especies más valiosas.

Formaciones herbáceas:

Comunidades acuáticas de agua dulce*:* Formadas por especies que flotan libremente y otras enraizadas, entre estas se encuentran: la Malangueta o Jacinto de Agua (Eicchornia sp.), Lemna minima y Utricularia sp. entre las flotantes; y entre las enraizadas Myriophyllum sp., Nymphacea sp., Najas sp. y otras. La formación herbácea mas desarrollada en el embalse es la Malangueta o Jacinto de Agua.

Complejos de vegetación:

Comprenden grupos de comunidades vegetales afines, que se distribuyen de forma específica en cada territorio, al cual le imprimen características particulares.

Vegetación secundaria. Este tipo de vegetación aparece como consecuencia de la degradación de la vegetación natural. Debido a la inundación en el vaso y a las fluctuaciones de los niveles de agua, este tipo de vegetación ha ido incrementando en el entorno del embalse. Se pueden encontrar de este tipo, principalmente malezas conocidas como el Marabú o Aroma, y en menor escala, la palma real (Roystonea regia) y la ceiba (Ceiba pentandra).

Fauna. La cuenca se encuentra dentro de la región Neotropical, dentro de la regionalización zoogeográfica. La fauna del territorio es pobre en grupos representativos, pero los presentes están muy diversificados. Predomina la fauna antropóxena. La fauna de la cuenca está representada principalmente por hormigas, arácnidos, mariposas, reptiles, mamíferos y moluscos. Dentro de las especies amenazadas se encuentran la jutía, el venado, el carey, la caguama, las mariposas. El manatí parece haberse extinguido.

Dentro de la fauna acuática nativa se encuentra, el pez sol, la trucha y la Biajaca criolla. Dentro de las especies introducidas gradualmente por origen antrópico se encuentran en orden cronológico de aparición según los pobladores, la tilapia, la amura, la carpa, la tenca y en los últimos años el pez gato. La introducción de estas especies ha afectado las nativas a tal punto, que es difícil encontrar exponentes de pez sol y de biajaca criolla, y se ha diezmado la población de trucha.

Paisaje. En la cuenca predominan los paisajes de llanuras medianamente húmedas sobre los paisajes de las colinas y alturas húmedas.

La zona de estudio podría catalogarse como una llanura de valles y depresiones formada por depósitos aluviales de roca terrígeno-carbonatada, con plantaciones de pastos, sobre suelo pardo con carbonato.

Áreas naturales de interés. *La zona donde nace el río Mayabeque (Ojo de agua), cerca de Catalina, resulta de interés por la descarga de aguas subterráneas.*

4.3.2 Medio socioeconómico. Asentamientos poblacionales. En el área de influencia del embalse, se encuentran pequeños asentamientos poblacionales. Sin embargo aguas abajo se encuentra el municipio de Güines, el cual se beneficia de las aguas del embalse por medio de un sistema de regadío conocido como la "Comunidad de Regantes".

Principales actividades económicas

Agricultura: Es la principal actividad productiva tradicional que se desarrolla en el territorio. De forma general se puede clasificar como una agricultura intensiva. Existen plantaciones de caña de azúcar, papa, plátano, frijoles, cebolla, pimiento, arroz, maíz, boniato y calabaza, entre otros. La tecnología utilizada en esta actividad es tradicional, sin embargo en determinados casos hay utilización bioplaguicidas y biofertilizantes, además de aradores. Este proceso intensivo y de expansión de la agricultura ha provocado:

Deforestación y con ella las afectaciones a la flora y la fauna asociada.

- Degradación de los suelos por la erosión, la compactación, pérdida de materia orgánica y el aumento del pH.

- Contaminación de suelos y aguas.

Ganadería: Esta actividad es muy poco desarrollada en la zona, se destacan el ganado vacuno, porcino y avícola, y dentro de estos, el porcino, masificado y desarrollado en condiciones técnico sanitarias deficientes, lo cual ocasiona puntos focales de contaminación.

Acuicultura: Dentro de la cuenca se encuentra la máxima autoridad en desarrollo científico técnico del país, el Centro de Investigación y Preparación Acuícola “Mampostón” en el cual se estudian todas las especies a ser introducidas a nivel nacional. Esta actividad ha ocasionado la introducción de nuevas especies a los ríos de la cuenca, provocando una amenaza a las especies nativas. Además los desechos producidos por este centro se vierten a las aguas del río Mayabeque, que llegan al embalse

4.4 IDENTIFICACION DE IMPACTOS

La metodología utilizada para la identificación de impactos, obedece a las recomendaciones dadas en el capitulo anterior, es decir, se recurrió a las entrevistas a través de las listas de chequeo, realizadas a técnicos y pobladores de la zona y a una inspección visual (Anexo 8), plasmándose los resultados en una matriz como guía de los impactos presentes en el embalse. (Anexo E)

Después de llenar la matriz, se analizan las variables afectadas, para determinar cual de ellas requiere un estudio detallado. Hay que anotar, que estos estudios obedecen a un estudio realizado por expertos en distintas áreas, actividad que no cubre los alcances de la investigación, por lo que se enuncian los problemas comunes en las diferentes variables, apoyado en la información dada por expertos o tomado de la literatura, para profundizar en la variable mas importante para el autor, el agua. Como generalidad, el principal problema a estudiar será la calidad de las aguas embalsadas, porque como se ha mencionado con anterioridad, es el mayor problema presentado por las presas en el periodo de su vida útil.

4.4.1 Clima. Aunque el espejo de agua del embalse es pequeño, los habitantes de la región manifiestan la presencia de neblina en algunos periodos del año, lo cual afecta la visibilidad de la vía que comunica al

municipio de Guines con el municipio de Catalina de Guines que pasa por un costado del embalse.

4.4.2 Calidad de las aguas. Uno de los principales problemas de las aguas embalsadas en sin duda la Eutrofización. El embalse Pedroso presencia malezas acuáticas en grandes cantidades, principalmente de Eichornia crassipies (Jacinto de agua) que es uno de los macrófitos flotantes más generalizados en los cuerpos de agua en Cuba. La presencia de esta planta acuática se da durante todo el año y a partir de la construcción de la presa, se registra el crecimiento de estas malezas, debido a la creación de un escenario mejor para su crecimiento.

Para poder determinar los niveles de eutrofización de las aguas es necesario realizar un estudio limnológico. La UBE-Este cuenta con un plan de monitoreo de la calidad de las aguas como se había descrito en la fase de caracterización de las variables ambientales. Se anota la deficiencia de este monitoreo para poder analizar el nivel eutrófico del embalse. Sin embargo, la empresa decidió realizar un estudio de caracterización de las aguas del embalse, emprendido por el Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas (CENHICA) (Laiz, Mora y Sende, 2004), el cual realizó un análisis de la cuenca hidrográfica para determinar los focos contaminantes que contribuyen al problema de contaminación de las aguas del embalse.

Entre los principales focos contaminantes se encuentran, el Centro de Preparación Acuícola de Mampostón (CEPAM), Pasteurizadora Aljibe, Instituto de Ciencia Animal (ICA) y el centro porcino “Aleida Fernandez”, además de los focos locales ocasionados por los pequeños asentamientos humanos cercanos al embalse, pero que no revisten mucha importancia. La caracterización de estos focos contaminantes principales es importante para determinar que tipo de carga es la que estos están emitiendo.

Focos contaminantes: Según el enunciado estudio las principales características de estos focos son: (Ver figura 4.5)

- *Centro de Preparación Acuícola de Mampostón (CEPAM):* Este centro se encuentra ubicado en el municipio San José de Las Lajas. Se dedica a la investigación y estudio de especies de agua dulce para su introducción en los embalses del país, con el objetivo del aumento de la producción pesquera en aguas interiores. Cuenta con tres canales de vertimiento, que incorpora las aguas residuales directamente al río Mampostón. Los componentes fundamentales que son adicionados a esta agua son fundamentalmente piensos y harinas, de la alimentación de las especies que se estudian en estas instalaciones, así como otros nutrientes específicos, los cuales pasan a la composición de las aguas que son vertidas a los diferentes canales junto a los productos de la descomposición natural de materia orgánica animal y vegetal y excretas de los habitantes de los estanques.

- *Pasteurizadora Aljibe*: Esta empresa se encuentra ubicada en el Municipio San José de las Lajas. Se dedica principalmente a pasteurización de leche y elaboración de yogurt y leche de soya, además de producción de mantequilla. Actualmente sus aguas residuales son vertidas directamente al arroyo Ganuza, tributario de la cuenca del río Mayabeque. Las características de las aguas vertidas por esta empresa son:

- Aguas de enfriamiento y condensación, así como de calderas, etc.

- Aguas de procesos contaminadas con los componentes de la leche y otros aditivos.

- Residuos del enjuague, de pérdidas y de la purificación, contaminados además con soluciones alcalinas y ácidas desinfectantes y desincrustantes.

- *Instituto de Ciencia Animal (ICA):* El Instituto de Ciencia Animal se encuentra en Carretera Central km 47 ½ en San José de las Lajas, esto lo ubica sobre la cuenca Mampostón. Su actividad esta enfocada en las investigaciones con el reino animal, con especies de cerdos, aves, ganado vacuno, búfalos y en menor cuantía ganado bovino y caprino. Las aguas residuales son vertidas al río Mampostón, en un punto perteneciente al vaso del embalse, después de ser tratadas por un sistema de tratamiento en deficientes condiciones (tanque Imhoff y un aireador de paletas). Las características principales de esta agua son el contenido de materia orgánica producto de los animales.

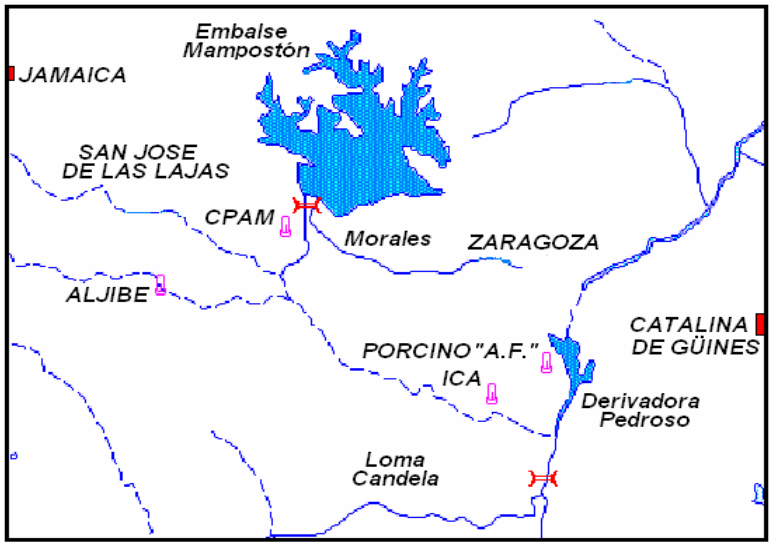
- *Centro porcino "Aleida Fernandez*": Este centro, es una granja integral dedicada a la cría intensiva de cerdos como producción fundamental. Sus aguas residuales no reciben ningún tipo de tratamiento y son vertidas directamente al vaso del embalse.

Según Sende (2003) se muestrearon 4 instalaciones, las cuales fueron descritas anteriormente, así como se realizó la evaluación preliminar de las características del agua del río Mampostón antes de llegar al embalse Pedroso, a partir de la ubicación de una estación de muestreo y aforo en la finca ¨El Violento¨, perteneciente al MININT dedicada a las producciones agrícolas fundamentalmente. antes de la incorporación de los residuales líquidos del instituto de Ciencia Animal (ICA). Se localizaron entonces, un total 7 estaciones de toma de muestras y aforo de caudales para los 5 puntos analizados. (Cuadro 21)

Cuadro 21. Puntos de muestreo de focos contaminantes

No.	Ubicación del punto.	Lugar.
1	CPAM Canal 1.	Centro de Preparación Acuícola Mampostón. CPAM.
2	CPAM Canal 2.	Centro de Preparación Acuícola Mampostón. CPAM.
3	CPAM Canal 3.	Centro de Preparación Acuícola Mampostón. CPAM.
4	Arroyo Ganuza antes de Aljibe.	Arroyo Ganuza.
5	Arroyo Ganuza después de Aljibe.	Arroyo Ganuza.
6	Porcino Aleida Fernández.	Granja Integral Porcina ¨Aleida Fernández¨. MINFAR.
7	Río Mampostón. El violento.	Finca El Violento. MININT.

Figura 11. Ubicación de los focos contaminantes



Metodología de trabajo: La caracterización limnológica del embalse concebía un plan de muestreo a un año, que por problemas logísticos no pudo realizarse, por lo tanto el muestreo fue realizado entre los meses de Enero y Junio de 2003, localizando puntos, en el embalse, en el río Mampostón (principal afluente) y en los focos contaminantes detectados en este. Según (Laiz, Mora y Sende, 2004), la metodología utilizada durante el proceso de muestreo en los diferente puntos se resume a continuación.

Embalse. Para muestras tomadas en una columna de agua, cada 1 m desde la superficie hasta el fondo, se midieron los parámetros, Temperatura (ºC), pH (U), sulfhídrico (H_2S) y Oxigeno Disuelto (O_2). El equipo utilizado fue un muestreador vertical Modelo Ruttner de dos litros de capacidad y 0,50 m de altura. Para determinar la transparencia del agua se utilizó el disco Secchi.

Para los análisis químicos y biológicos, se tomaron muestras compuestas de agua cada dos metros, utilizando un muestreador vertical plástico de dos m de longitud y dos litros de capacidad. Las muestras fueron preservadas en neveras hasta su llegada al laboratorio, donde fueron preservadas en frío (4 ºC) hasta su análisis al día siguiente. Los análisis químicos fueron Nitrógeno total (Nt), Fósforo total (Pt), Nitrato como Nitrógeno (NO_3-N), Nitrito como Nitrógeno (NO_2-N), Amonio como Nitrógeno (NH_4-N), Ortofosfato como Fósforo (PO_4-P), Dióxido de Sílice (SiO_2), Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Fijos (STF), Sólidos Totales Volátiles (STV), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Carbonato (CO_3) y Bicarbonato (HCO_3), Sulfhídrico (H_2S), Conductividad Eléctrica (Ce).

Para el análisis de Clorofila “a”, fito y zooplancton se tomaron alícuotas (1 Litro). Las muestras para Clorofila “a” se procesaron inmediatamente al llegar al laboratorio, preservando el filtro en frío (-20 ºC) hasta la mañana

siguiente, para la realización de su respectivo análisis. Las sub-muestras para fito y zooplancton fueron preservadas con solución lugol acidificado (APHA,1998) y formol (4%). Para la determinación del bentos en el embalse, se muestreo el sedimento utilizando una draga Ekman, muestra que fue preservada con formol (10%).

Para el análisis metales pesados y metales trazas en agua, se tomaron muestras que fueron fijadas con ácido nítrico. Para el análisis de los sedimentos y malezas acuáticas de se tomaron muestras que fueron preservadas en congelación (-20 ºC) hasta el momento de su digestión para el respectivo análisis.

Focos contaminantes. En las muestras de los focos contaminantes de la cuenca hidrográfica fue medido el gasto (Q) para determinar la carga contaminante, fueron medidos en campo el pH, el Oxígeno Disuelto (O_2) y la Conductividad Eléctrica (Ce) y se tomaron sub-muestras para la determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno ($DBO_5^{20°C}$), Nitrógeno Total (Nt), Fósforo Total (Pt), Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Fijos (STF), Sólidos Totales Volátiles (STV), Coliformes Fecales y Totales (NMP·100 mL^{-1}).

Río Mampostón. El principal afluente (río Mampostón) fue muestreado antes de incorporarse al embalse, en el mismo fueron medidos sus gastos mensualmente durante el período de muestreo. Se midieron el Oxígeno Disuelto (O_2), el pH y la Conductividad Eléctrica (Ce), se tomaron muestras para análisis de Nitrógeno total (Nt), Fósforo total (Pt), Nitrato como Nitrógeno (NO_3-N), Nitrito como Nitrógeno (NO_2-N), Amonio como Nitrógeno (NH_4-N), Ortofosfato como Fósforo (PO_4-P), Dióxido de Sílice (SiO_2), Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Fijos (STF), Sólidos Totales Volátiles (STV), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio

(Na), Potasio (K), Carbonato (CO_3) y Bicarbonato (HCO_3), Sulfato (SO_4), Cloruros (Cl).

Resultados. Los resultados del estudio de calidad de las aguas, se presentaran de acuerdo a los puntos muestreados. Se resaltan los resultados encontrados para el Río Mampostón y para el embalse Pedroso, para los focos contaminantes ver Anexo 6. El análisis de estos, hace referencia a la norma aplicada (NC 27/1999) y la violación o no de los diferentes parámetros medidos. (Ver Anexo 6)

Río Mampostón. Durante el muestreo, los gastos promedio del río Mampostón fueron disminuyendo en la medida que transcurrió el tiempo, debido a la escasez de precipitaciones, alcanzando como promedio 163 $L \cdot seg^{-1}$, aunque en ningún mes se alcanzó un valor superior a 195 $L \cdot seg^{-1}$. El río Americano, segundo afluente del embalse permaneció seco durante todo el tiempo de muestreo.

Nitrógeno y Fósforo: El comportamiento del Nt fue anómalo durante el periodo ya que en la medida que transcurrieron los meses de muestreo estos valores fueron disminuyendo hasta alcanzar valores inferiores al $mg \cdot L^{-1}$. Estos resultados pudieran indicar que los organismos contaminadores alteran periódicamente el medio acuático sin control alguno provocando estas alteraciones inexplicables. El Pt sin embargo tuvo un comportamiento más estable con valores que oscilaron entre 0,12 y 0,24 ($mg \cdot L^{-1}$) con un promedio de 0,16 ($mg \cdot L^{-1}$), lo cual puede indicar que a pesar de los descontroles de las descargas que se han manifestado en la cuenca del río Mampostón, esto ha sido fundamentalmente para la materia orgánica presente como N, no así para los compuestos del Pt. Esto coincide con el estudio realizado en las instalaciones de los centros contaminadores, cuyo valor más elevado e inestable son los compuestos del Nitrógeno, principalmente para el ICA 32,7 $KgN \cdot día^{-1}$, la Pasteurizadora Aljibe 4,9 $KgN \cdot día^{-1}$, y CPAM $\approx$ 0,6 $KgN \cdot día^{-1}$

La relación N:P se mostró igualmente alterada por lo expuesto sobre el comportamiento del Nitrógeno en el río, por lo que sus valores mostraron variaciones entre embalse oligotrófico y eutrófico según las metodologías utilizadas (CEPIS,1990; Jorgensen & Vollenweider,1997; OECD,1982), cuando en realidad el resto de los parámetros le otorgaron una clasificación eutrófico en todo el periodo estudiado, aunque el promedio obtenido para el periodo en el río fue 14.

Embalse Pedroso

- **Temperatura:** En este estudio las temperaturas oscilaron entre los 25 y 28 ºC en la superficie del agua, disminuyendo hacia el fondo entre 24 y 26 ºC, lo cual mostró una diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo que osciló entre 0,7 y 1,5 con un promedio de 1,1 ºC.

- **Oxigeno Disuelto:** Nunca alcanzó valores de cero, por lo que no hubo una estratificación térmica durante el periodo de muestreo, y su menor valor fue de 1,7 ºC en el mes de junio/2003. Durante el periodo el % de Saturación de Oxígeno osciló entre el 80-55% en superficie y 60-21% en el fondo, lo cual representó valores de 6,6-4,6 y 5,1-1,7 $mgO_2 \cdot L^{-1}$ respectivamente.

- El análisis biológico de las aguas embalsadas arroja niveles altos de eutrofización de acuerdo a la metodología utilizada por Laiz, Mora y Sende, (2004) con respecto a la determinación de la Clorofila “a”. Con respecto a la composición del fitoplancton estos autores identificaron la presencia de algas de los grupos Chrysophyceae y Euglenophyceae, representantes de aguas contaminadas, además de encontrar del grupo de la Cyanophyceae, la Microcystis Aeruginosa que representa una posibilidad de algas toxicas, aunque sus niveles promedio no son alarmantes. Como es típico en las aguas embalsadas en Cuba, identificaron la Chorophyceae como la mas

abundante.

Del análisis de los parámetros, clorofila “a”, nitrógeno total (Nt) y fósforo total (Pt), del comportamiento mensual del ciclo del nitrógeno (NO_2-N, NO_3-N, NH_4-N) analizado como nitrógeno, Laiz, Mora y Sende, (2004) procedieron a la clasificación trófica del embalse utilizando para esto las Metodologías del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS,1990) elaborada para Climas Tropicales, de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD,1982) utilizada para climas templados (Tabla 3) y el software LACAT preparado por CEPIS (1990) para modelar el nivel trófico de ecosistemas acuáticos como los embalses. En ambas metodologías las cuales se basan fundamentalmente en las determinaciones de la Clorofila “a” y el Fósforo Total (Pt) se determinó que el embalse esta eutrofizado con respecto a todos los elementos y en su modelación matemática fue determinado que el mayor % se estima como eutrófico (**74,69%**) lo cual corrobora las características antes analizadas. (Cuadro 22)

La vegetación acuática presente, está compuesta por plantas sumergidas (*Elodea* sp.), plantas emergentes (*Typha* sp.) y plantas flotantes (*Eichhornia* sp.), las cuales son huéspedes indeseables que aprovechan los niveles de Nitrógeno que se aportan al medio para su desarrollo incontrolado. En la actualidad la afectación mayor está ocurriendo debido a las sumergidas que están cubriendo rápidamente el fondo del embalse. Adicionalmente a esto hay un desarrollo impetuoso de las algas filamentosas que entorpecen el uso de los canales y se aglutinan afectando y disminuyendo el área del embalse.

Todo esto es la consecuencia fundamental de un nivel de eutrofización como el que se nos presenta en este ecosistema. Laiz, Mora y Sende, (2004).

Cuadro 22. Clasificación eutrófica de la presa Pedroso

Elementos	Unidades	Pedroso
Año de Estudio	**Año**	**2003**
Carga de Fósforo (L_P)	**g m^{-2} $año^{-1}$**	**0.575**
CEPIS (1990)		
Clorofila "a"	**□g L^{-1}**	**E**
Fósforo (Pt)	**□g L^{-1}**	**E**
OECD (1982)		
Clorofila "a"	**□g L^{-1}**	**E**
Fósforo (Pt)	**□g L^{-1}**	**E**
Nitrógeno Total (Nt)	**□g L^{-1}**	**E**
Disco Secchi (DS)	**m**	**E**
N:P	**-**	**E**
P-Observado Embalse	**□g L^{-1}**	**236**
LACAT-CEPIS (1990)		
P-Modelado Embalse	**□g L^{-1}**	**102**
NIVELES		
HIPER-EUTRÓFICO	**%**	**5.67**
EUTRÓFICO	**%**	**74.69**
MESOTRÓFICO	**%**	**19.54**
OLIGOTRÓFICO	**%**	**-**
ULTRA-OLIGOTRÓFICO	**%**	**-**

4.4.3 Estratificación térmica. Para la determinación de la estratificación térmica es necesario realizar un muestreo de la temperatura y el oxigeno disuelto en el agua. Para el embalse en estudio, el monitoreo de estos

parámetros no esta dentro de su plan, sin embargo Laiz, Mora y Sende (2004) encontraron que las temperaturas en el embalse oscilaron entre los 25 y 28 ºC en la superficie del agua, disminuyendo hacia el fondo entre 24 y 26 ºC, lo cual mostró una diferencia de temperatura entre la superficie y el fondo que osciló entre 0,7 y 1,5 con un promedio de 1,1 ºC.

Laiz, Mora y Sende (2004), encontraron también, que el oxígeno disuelto nunca alcanzó valores de cero, y que su menor valor fue de 1,7 ºC en el mes de junio/2003. Durante el periodo el % de Saturación de Oxígeno osciló entre el 80-55% en superficie y 60-21% en el fondo, lo cual representó valores de 6,6-4,6 y 5,1-1,7 $mgO_2 \cdot L^{-1}$ respectivamente. Concluyen entonces, "Esto indica que no se produjo estratificación térmica durante el periodo de muestreo, y que sólo en el mes de junio comenzó a producirse este fenómeno pero no se estabilizó la columna de agua. El fondo no se valoró como anóxico en ninguno de los muestreos, aunque si se pudo diferenciar una zona fótica".

4.4.4 Agua abajo de la presa. Desde antes de la construcción de la presa, existía una comunidad de regantes que se alimentaba de las aguas del río Mayabeque directamente. Con la construcción y puesta en marcha de esta obra, la comunidad regante recibe el agua suministrada por el embalse, al igual que los usuarios de la transportada por el canal Pedroso-G□ira, quienes la utilizan en la agricultura principalmente, en alimentos de consumo directo, como tubérculos y hortalizas. El estado actual de la calidad de las aguas del embalse, debe repercutir en la calidad de estos alimentos. Aunque no existen registros de problemas que se hayan presentado por el consumo de estos alimentos en la salud humana, pueden presentarse brotes o problemas a largo plazo, por lo que es necesario un estudio que analice las aguas desde este punto de vista .

4.4.5 Estabilidad de los taludes. La inspección visual por las laderas aledañas al vaso no arrojan problemas de inestabilidad, ya que no se encuentran grandes pendientes en los mismos.

Para el caso de la cortina se percibieron asentamientos, ya que hay agrietamientos en una parte del pavimento de la vía que pasa sobre la misma. Existe un estudio técnico para la determinación de los asentamientos verticales y horizontales de la presa, realizado por Geocuba (2004) en tres ciclos:

Ciclo 0: Colocación de los monumentos y determinación de los valores de este ciclo que serán referencia para los dos siguientes realizado en noviembre de 1997.

Ciclo 1: Medición y determinación de desplazamientos en mayo de 1998.
Ciclo 2: Medición y determinación de desplazamientos en enero de 2004.

Del análisis de estos ciclos se encontraron seis puntos de medición de los 20 monitoreados, con magnitudes que sobrepasan los límites permisibles de desplazamientos verticales (asentamientos) y horizontales, es decir según la normativa cubana 5 mm y 7 mm respectivamente, producto probablemente del movimiento de la cortina o sencillamente por alteraciones en los puntos monitoreados (golpes), que es lo puede haber ocurrido pues los valores en estos puntos se dispararon de una forma indiscriminada.

4.4.6 Fauna acuática. Las entrevistas con residentes de la zona, asentados años antes de la represa, manifiestan que de la existencia de las tres especies nativas, (en su nombre vulgar), Pez de Sol, Biajaca Criolla y Trucha, las dos primeras en la actualidad son muy escasas y la ultima especie ha sido diezmada también. Las razones que se dan a esta extinción

gradual de estas especies nativas, ha sido la introducción de especies que en su orden cronológico han ido apareciendo Tilapia, Amura, Carpa, Tenca y en los últimos años el Pez Gato (Claria) el cual tiene características carnívoras, que es el que mas se encuentra en la actualidad en el embalse, según manifiestan los pescadores de la zona. Hay que sumarle a esta situación, el hecho que en la última década se ha intensificado la pesca furtiva y la calidad de las aguas del embalse ha ido empeorando por el aporte de residuales de distintos focos contaminantes, con el grado de eutrofización mencionado anteriormente. Esta última condición puede estar repercutiendo también en la salud de las personas que consumen los peces capturados en el embalse o aguas abajo de él.

4.4.7 Vegetación. Los cambios en la vegetación producto de la explotación del embalse, se pueden analizar en dos sentidos, vegetación terrestre y acuática.

La vegetación terrestre del margen del vaso ha sido afectada por la variación en los niveles, que trae consigo el origen de la llamada “banda árida”. Además de esto la vegetación nativa ha sido remplazada por vegetación oportunista entre la mas propagada el Marabú, una de las malezas más comunes en la Isla, y de difícil eliminación por su facilidad de propagación.

Las oscilaciones en los niveles del embalse producen efectos sobre la vegetación acuática. La existencia de los tres tipos de esta vegetación en el embalse, contribuyen en el proceso de enriquecimiento de materia orgánica y por ende al de eutrofización, pues cuando los niveles bajan las plantas sumergidas quedaran como emergentes y viceversa, ocasionando su muerte, por ende su precipitación y presentando las características mencionadas anteriormente.

4.4.8 Paisaje. La variación de los niveles del embalse han provocado la aparición de la llamada banda árida con impactos visuales en el entorno de la presa.

4.5 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El alarmante nivel de eutrofia del embalse, sugiere plantear una plan de medidas correctoras a ejecutarse lo más pronto posible, para evitar que el embalse se convierta en un sistema con características de humedal. El cumplimiento de este plan de medidas dependerá de la disponibilidad de recursos y tecnologías que sean asignadas por la dirección de la organización administradora del embalse. Se plantean seguidamente una serie de acciones para tratar de mitigar los impactos ambientales que se están produciendo por la explotación de la presa derivadora Pedroso.

- **Eutrofización**

Las principales medidas para controlar la eutrofización incluyen:
Control de la entrada de nutrientes:

- Tratamiento de residuos antes de ser volcados al cuerpo de agua.

- Control del uso de la tierra.

- Prepantanos: eliminan nutrientes de las aguas residuales que quedan fijados en la biomasa de algas y macrófitas.

- Tratamiento físico y químico de aguas residuales: precipitación química y filtración.

Control de la eutrofización dentro del cuerpo de agua:

- Dragado.
- Recolección de malezas acuáticas.
- Agregado de productos químicos que precipiten el fósforo.
- Control biológico que disminuya el crecimiento de malezas acuáticas.

- **Focos contaminantes:** Para el control de vertimientos de los focos contaminantes, Según (Laiz, Mora y Sende, 2004) se debe realizar:

- Para la entidad Centro de Preparación Acuícola Mampostón (CEPAM), se propone un sistema separativo de tratamiento para los residuales de tipo albañal y variantes de tratamiento para las aguas provenientes de los estanques de cría de peces.

- Para la Granja integral Porcina “Aleida Fernandez” se propone una variante de tratamiento que recoge las variantes primaria, secundaria y terciaria, debiendo prestar especial atención a los sistemas a implementar por la naturaleza especialmente agresiva que presentan los residuales de este tipo de instalaciones.

- Para la entidad Aljibe, se propone una planta de tratamiento que garantice un residual a verter que cumpla con los parámetros de la norma vigente y que involucre las variantes expuestas en las tendencias.

- Para el Instituto de Ciencia Animal (ICA), se proponen tendencias de tratamiento que involucren tratamiento primario, secundario y terciario de sus residuales.

- **Malezas acuáticas:** Para realizar un control sobre las malezas acuáticas eficaz, será necesario realizar controles directos: mecánico, químico o biológico, e indirectos.

(Laiz, Mora y Sende, 2004) recomiendan para el manejo de la vegetación acuática presente en el embalse:

- Para la especie Ceratophylum demersum, la forma mas efectiva de combatirla es utilizando peces herbívoros como la amura blanca (Ctenopharyngondon idellus).

- Para la Thypa recomiendan erradicar manualmente, por remoción de las orillas y traslado hacia zonas secas bien alejadas de las aguas, de una manera sistemática.

- Para el Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) se propone erradicar manualmente, haciendo una extracción mecánica desde las orillas, trasladando hacia un lugar alejado las plantas extraídas.

- Las algas filamentosas del genero Rhizoclonium deben combatirse utilizando sulfato de cobre pentahidrato, retirando las que mueren en el proceso y colocándolas alejadas del agua.

4.6 PLAN DE MONITOREO Y CONTROL

A partir de las afectaciones detectadas en la fase anterior, se hace imprescindible plantear un plan o programa de seguimiento de las variables que mas esta afectando la explotación del Embalse Pedroso.

Debido al grado de contaminación del cuerpo de agua, debe monitorearse detalladamente la calidad de las aguas. Para cumplir con este objetivo

deben monitorearse tanto las aguas del embalse, como las de su principal afluente y los respectivos focos contaminantes. Debe organizarse una campaña de monitoreo de mínimo un año de duración con mediciones periódicas cada mes, que complementen la investigación realizada por Laiz, Mora y Sende y (2004), midiendo las respectivas variables enunciadas en dicho estudio.

Deberá plantearse un estudio de monitoreo de los asentamientos de la presa que complemente al realizado anteriormente por Geocuba (2004), para ello pueden monitorearse los puntos utilizados en este estudio.

Deberá realizarse un estudio de las comunidades piscícolas presentes en el embalse, para determinar las posibles afectaciones que estén ocurriendo en las cadenas tróficas debido a la introducción de nuevas especies, además de las afectaciones que puedan estar sufriendo debido a la calidad de las aguas del embalse.

Deberán monitorearse parámetros climáticos como la temperatura y la radiación solar , ya que estos influyen directamente en el crecimiento del Jacinto de agua, como lo demostraron estudios realizados por Rodríguez Pérez de Agreda,(2001) para el caso de Cuba.

Deberá monitorearse la variable evaporación para determinar los niveles de producción de neblina que pueda estar produciendo el embalse.

El control de este programa de monitoreo será ejecutado tanto por la dirección de la organización como los delegados de la autoridad ambiental del estado.

5. CONCLUSIONES

La evaluación ambiental de represas reviste una gran importancia para el desarrollo sostenible de nuestros países, con esta premisa el autor elaboró un grupo de recomendaciones metodológicas para la Evaluación de Impacto Ambiental para proyectos de presas a ser ejecutados, basado en el análisis de metodologías existentes tanto para proyectos en general como para el proyecto específico de presas, así como para el abordaje de Diagnósticos Ambientales en represas en su fase de explotación, herramienta poco utilizada en la región, cumplimentándose con ello el objetivo general de esta tesis.

A partir de la metodología propuesta para la realización del Diagnóstico Ambiental en represas, se estudio la presa Derivadora Pedroso para determinar las afectaciones que se están produciendo en su entorno producto de su explotación, para formular un plan de medidas acordes con la realidad cubana para tratar de mitigar estas afectaciones.

A partir de las metodologías de la investigación consultadas y aplicadas en la revisión bibliográfica del presente proyecto se aportan ciertos elementos prácticos para el abordaje de proyectos de investigación para estudiantes a nivel de pregrado.

Se reafirma la importancia de realizar un estudio detallado de la calidad de las aguas en los embalses, debido a la presencia de los procesos de eutrofización característicos en estos, con las graves implicaciones que trae en la vida útil del embalse y sus repercusiones en el medio ambiente.

El vertimiento de aguas residuales indiscriminadamente sin tratamiento se convierte en una de las principales causas de la eutrofización en los embalses, como se ha demostrado en el estudio analizada en el presente documento.

6. RECOMENDACIONES

Ejecutar lo más pronto posible el plan de medidas correctoras, principalmente la remoción de la vegetación acuática, agravante del problema de eutrofización del embalse, que debe ser frenada lo mas pronto posible atendiendo a las medidas contempladas en dicho plan, de manera tal que la vida útil del embalse y la calidad de sus aguas no se sigan viendo afectadas tan severamente.

Las cargas contaminantes que se arrojan a los principales afluentes del embalse son los principales responsables del nivel de eutrofización del mismo, por lo tanto debe concertarse un plan integral de manejo ambiental de la cuenca hidrográfica de manera que se detengan las afectaciones que estos focos están produciendo al cuerpo de agua.

Iniciar todos los trabajos necesarios para mejorar la red de calidad de las aguas en lo que se refiere a definición de instalaciones, densidad de estaciones y parámetros y frecuencias de muestreo. Además de las estaciones de medición de parámetros hidroclimáticos.

Realizar un estudio técnico-económico de las propuestas de tratamiento de los residuales de los focos contaminantes, con el fin de que se encuentre la propuesta más viable en cuanto a costos y en cuanto a la rapidez de su ejecución, dada la apremiante necesidad de llevarlas a cabo.

Deberá hacerse un estudio de calidad de las aguas para ser utilizadas en la agricultura, para determinar los posibles elementos que tengan las aguas embalsadas y que puedan estar repercutiendo en la salud humana. Por

ejemplo, es importante el control de nivel de nitratos en la papa.

Realizar estudios de relación de las aguas del embalse con la cuenca hidrogeológica, ya que éste puede estar siendo afectado por la infiltración de las aguas contaminadas del embalse y la medición de parámetros de calidad de sus aguas.

Crear bases de información que introduzcan estas metodologías propuestas para hacer el proceso más eficiente y sencillo.

BIBLIOGRAFIA

APHA, (AWWA, WPCF) (1998). “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. 20TH. EDITION. Biological Examination of Water.

ATLAS NACIONAL de CUBA, (1989).

BELLO HEVIA, Ramón de Jesús y SOSA JAIME, Yasel. (2000). Consideraciones sobre una metodología de estudio de impacto ambiental en canales de conducción y evaluación. Tesis de Diploma. ISPJAE. CIH. La Habana.

CANTER, Larry W. (1998). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Técnicas para la elaboración de los estudios de impacto. Segunda Edición. McGraw-Hill, Colombia.

AUERNHEIMER. (1996), CENTRO DE ESTUDIOS DE TECNOLOGIAS AVANZADAS.. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría-Universidad Politécnica de Valencia. Curso de Impacto ambiental, La Habana. 1996.

CENTRO DE INFORMACIÓN DE LAS CIENCIAS DEL AGUA. (1989) Boletín “Pedroso-Mampostón”: Expresión de desarrollo”. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. La Habana.

CONESA FERNANDEZ VITORIA, Vicente. (1995). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Segunda Edición Revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. 1995.

CNUMAD. (1992). Cumbre de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, www.uhu.es

CWQG (Canadian Water Quality Guidelines) (1987). "Canadian Council of Resource and Environmental Ministers". IN: Hansen, A.M.; Gelover, S. &

ECO, Humberto. (1994) "Come si fa una tesi di laurea". Tascabili bompiani, 1977. (Versión castellana de BARANDA, Lucia y CLAVERIA IBAÑEZ, Alberto. Como se hace una tesis, Técnicas y procedimientos de investigación estudio y escritura. Editorial Gedisa. Barcelona)

ESPINOZA, Guillermo. (2001). "Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental". Banco Interamericano de Desarrollo – BID, Centro de Estudios para el Desarrollo – CED. Santiago Chile.

ESTEVAN BOLEA, Maria Teresa (1984) "Evaluación del impacto ambiental", Fundación MAPFRE, Madrid.

GARCÍA RODRÍGUEZ, Pedro. (2004) Informe de Control Técnico Anual de la presa derivadora "Pedroso". UBE-Este. Cuba. Enero, 2004

GONZALEZ Ricardo, Carlos Rafael. (2004). Desplazamientos horizontales y verticales de la presa Pedroso: Informe Técnico Final. Geocuba, Agencia La Habana.

HERNÁNDEZ y GARCIA, (2001) “Diagnostico Ambiental de la Cuenca Mayabeque”, Complejo Hidráulico “Mampostón – Pedroso – Güira” (INRH)-Cuba.

ICOLD. (1997). Declaración de ICOLD sobre las presas y el medio ambiente. www.icold-cigb.org

LAIZ , MORA Y SENDE, (2004) “Estudio y Evaluación de la Eurotrifización sobre la Calidad y Manejo del Agua y de los Puntos Potenciales de Contaminación en un Embalse de la Habana”, CENHICA.

LLAMAS, J y GARRIDO, R. (1998). “Evaluación del Impacto Ambiental de los Proyectos relativos a Recursos Hídricos”. La Habana.

LIMNOS, (1996), **“**Diagnóstico y Gestión Ambiental de Embalses en el Ámbito de la Cuenca Hidrográfica del Ebro”, Confederación Hidrográfica del Ebro.

MARRERO DE LEÓN, Norberto y LOPEZ GAVILAN DEL ROSARIO, Evelio. (1976). Estudios sobre la operación a corto y mediano plazo del sistema hidráulico Pedroso-Mampostón. Tesis de Maestría. Facultad de Tecnología: Universidad de la Habana. La Habana.

MESA SANCHEZ, Hugo Roberto. (1998) Metodología de la Investigación Científica, ISPJAE, La Habana, Octubre.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE (MOPU), 2. GRANDES PRESAS (ESPAÑA). (1989). Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Centro de

publicaciones Secretaria General Ministerio de Obras Publicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid, 1989.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE DE CUBA (2001), “Guía para la Realización de las Solicitudes de Licencia Ambiental y los Estudios de Impacto Ambiental” CICA – Cuba.

ONGLEY E.D. . Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55). 1997

ORTEGA, L.V. 1992 (eds.) Migración de Contaminantes en el sistema Lerma-Chapala. Memorias del VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cocoyoc, Mor., Sept., Secc. VII.

RODRÍGUEZ PÉREZ DE AGREDA, (2001), “Efectos del Vertimiento de las Aguas Residuales sobre los Cuerpos de Agua bajo las Condiciones Climáticas Cubanas”, Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH). Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Ciudad de La Habana, Cuba.

SALAS, H.J. y MARTINO, P. (1990). “Metodologías Simplificadas para la Evaluación de la Eutroficación en Lagos Cálidos Tropicales”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Programa Regional CEPIS/HPE/OPS 1981-1990. 51pp.

SANDOVAL G., Carmen R. (2004) Metodología para el análisis de variantes de diseño de presas atendiendo a la solución de un problema y su inserción en el medio. Tesis de Maestría. ISPJAE. La Habana.

SAMPIERI et al. (1997) Metodología de la Investigación. Editorial McGraw-Hill. Colombia..

SCHORR, T.S. (1984). Las represas y sus efectos sobre la salud. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, OPS y OMS. 341pp.

SENDE Victor, (2003). “Estudio y Evaluación de la Eurotrifización sobre la Calidad y Manejo del Agua y de los Puntos Potenciales de Contaminación en un Embalse de la Habana” Etapa 04: “Análisis y Presentación de Tendencias de Tratamiento para las Entidades Contaminadoras del Embalse”, CENHICA – Cuba.

STANFORD J. A. y WAR J.V. (1979) “The Ecology of Regulated Stream”. Plenun Press New York.

TRIANA RANGEL, Maribel. (2004) Evaluación Ambiental de la Cujae desde el punto de vista Hidráulico. Tesis de Diploma. ISPJAE. La Habana, 2004.

WEIZENFELD, Henyk. Manual Básico sobre Evaluación del Impacto en el Ambiente y la Salud de Acciones Proyectadas. Segunda Edición, México, 1996, ENPSES.

(WCD) WORLD COMMISSION ON DAMS. (2000) Comisión Mundial de Represas: Represas y Desarrollo: Un Nuevo Marco para la Toma de Decisiones, *Una Síntesis.* (2000) World Commission on Dams (CD-ROM). www.dams.org

REVISTAS

AUSTIN T. A.,REIDDLE W.F. y LANDERS R.Q., (1979) “Mathematical Modeling of Vegetative Impact Fluctuating Flood Pools” Water Resource bulletin, vol 15 No. 5.

FORD D.E. y. STEFAN H. G., (1980) “Thermal Predictions Using Integral Energy Model” Journal of the Hydraulics Division, American Society of Civil Engineers vol 106 No. HY1.

LEÓN PELAEZ Juan Diego y LOPERA ARANGO Gabriel Jaime. (1999). “Propuesta Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental a partir de Diferentes Métodos Específicos”. Revista de la Facultad de Agronomía UNAL, sede Medellín – Colombia, vol 52 No. 2.

II FORO CONTRA REPRESAS (2003), La Esperanza, Intibucá, Honduras.

LEGISLACIÓN

Decreto 1753 (1994), “Licencia Ambientales” – Colombia.

ISO 14000: 2000 “Sistema de Gestión Ambiental”

Ley Nº 19.300 “Bases Generales del Medio Ambiente” – Chile.

Ley Nº 81 1997, “Ley de Medio Ambiente” – Cuba.

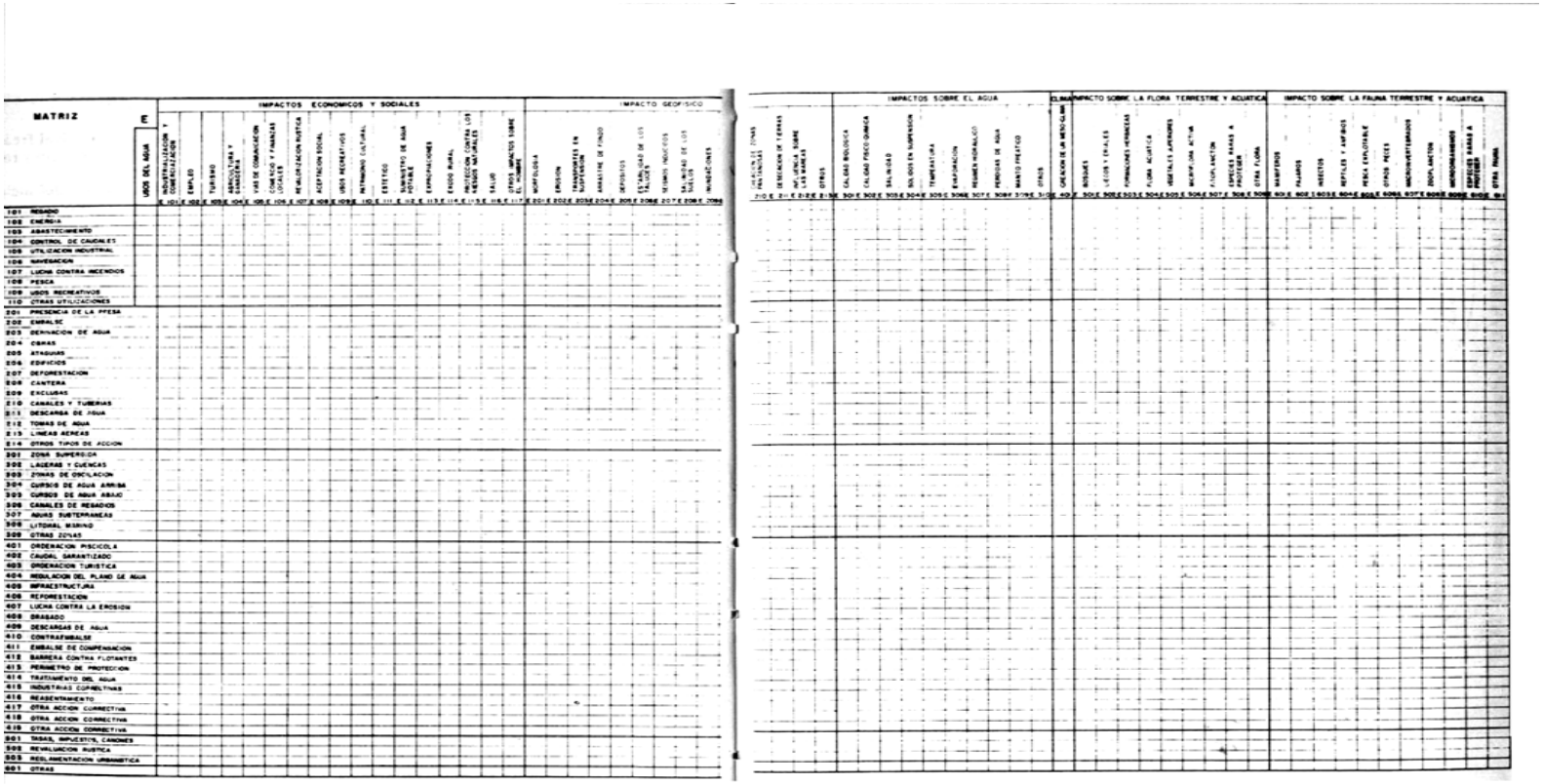
Ley 99 de (1993), “Creación del Ministerio del Medio Ambiente – Política Ambiental” – Colombia.

RESOLUCIÓN 27 (2000) “Reconocimiento Ambiental Nacional (RAN), CITMA – Cuba.

REAL DECRETO RD 1131/88 “Reglamento para la Ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación del Impacto Ambiental” BOE 239, del 5-10-88 – España.

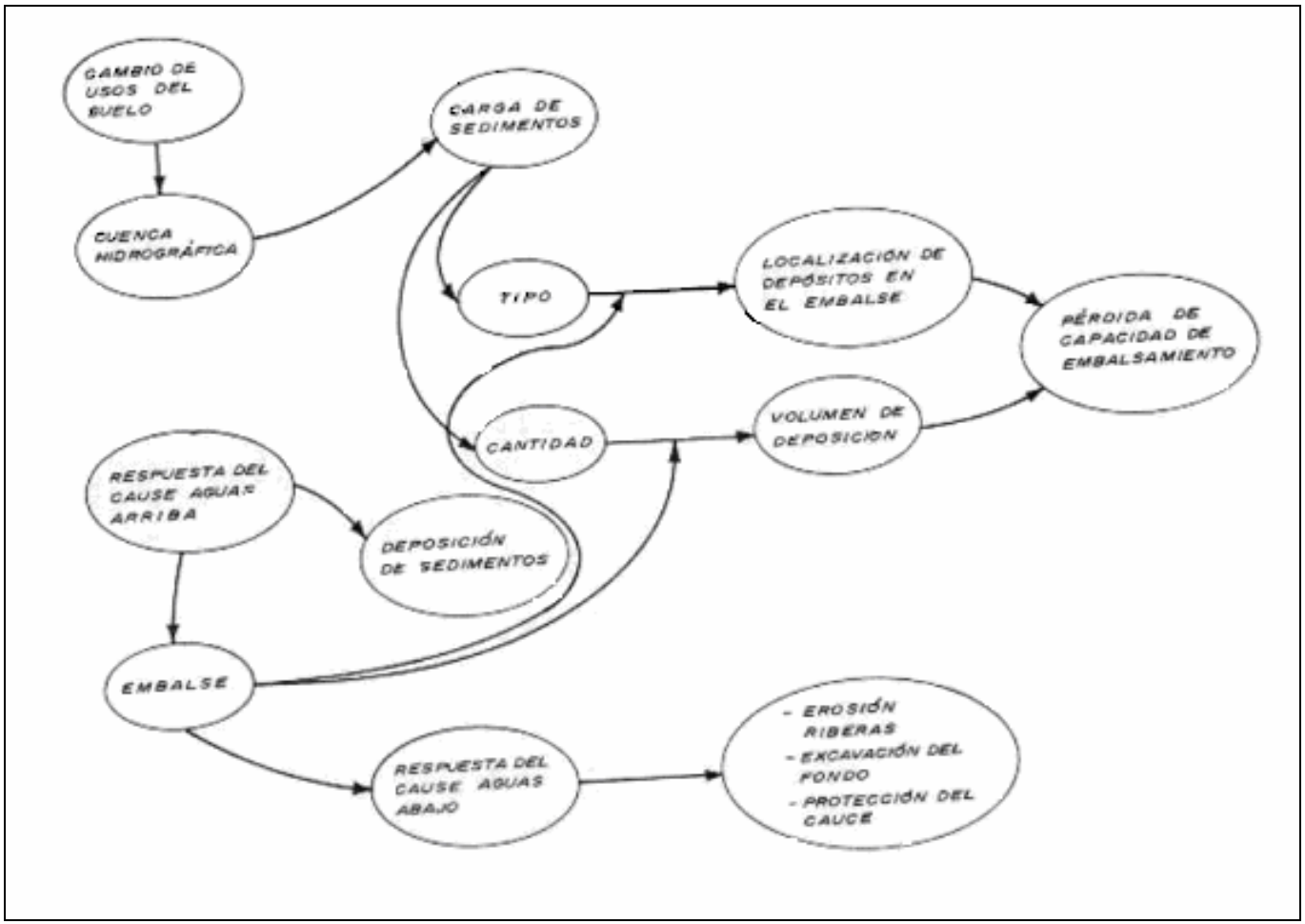
ANEXOS

Anexo A. Ejemplos de metodologías empleadas en la eia de represas



Matriz propuesta por la ICOLD

DIAGRAMAS O REDES DE INTERACCION



iagrama propuesto por Stanford y War (1979)

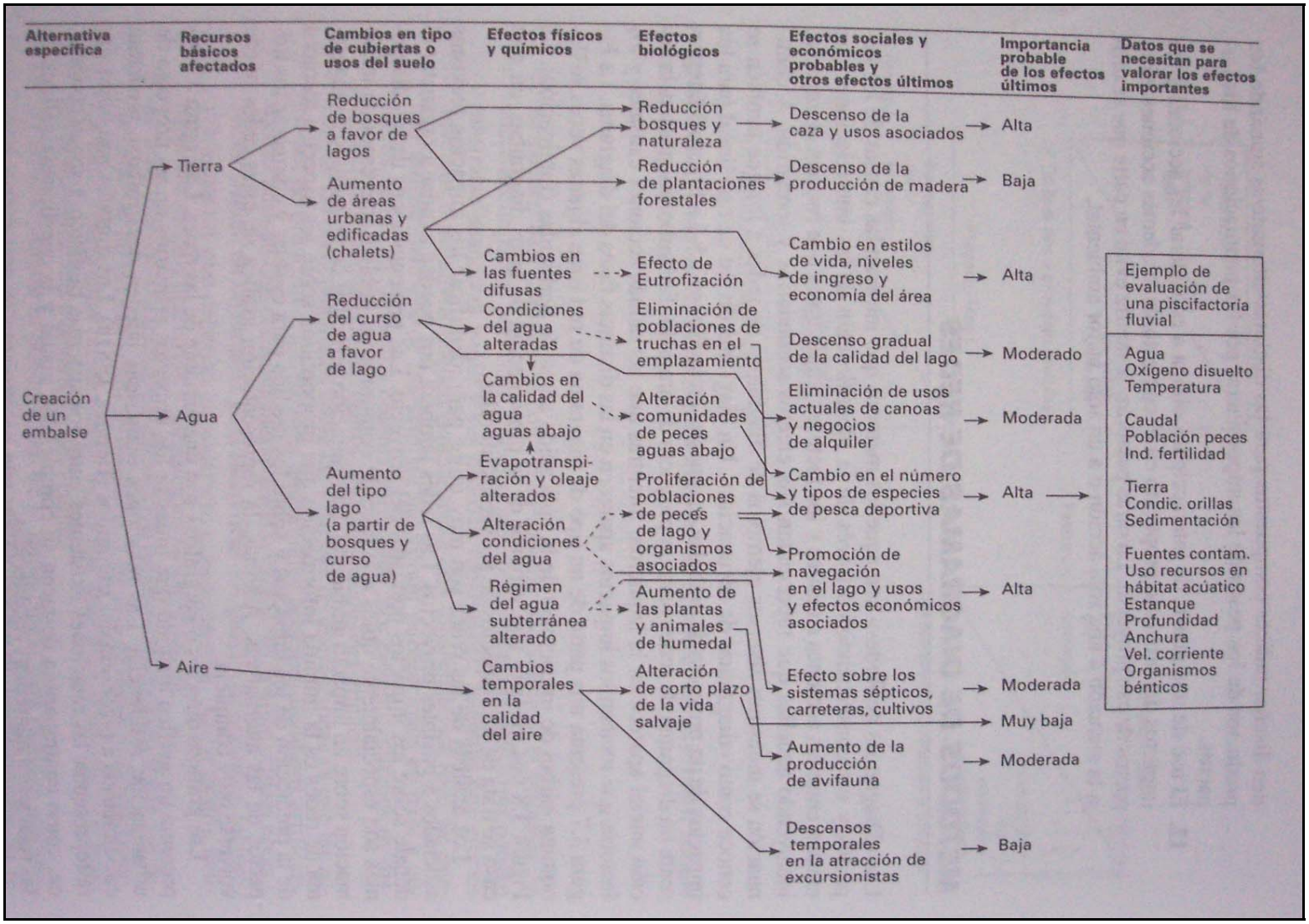


Diagrama de redes propuesto por la US Soil Conservation Service (1977)

Anexo B. Matriz de evaluación de impacto ambiental Propuesta por Conesa

	1. Identificación de impactos y predicción de magnitud												2. Predicción			3. Valoración					4. Corrección								5. Imp. Final	
	1. Fase Construcción					2. Fase Funcionamiento							1	2	3	1	2	3	4	5	1. Medidas		2	3	4	5	6	7	1	2
	1	2	...	n	n+1	1	2	...	n	n+1	n+2	n+3									1	n								
	A	A	A	A	TOTAL	A	A	A	A	TOTAL	E. Permanente	Importancia	Indicador	Unidad	Magnitud Inconmensurabl	F. Transformación	Magnitud conmensurable	Valor	Coef. Ponderación	Impacto total	M	M	Importancia	Magnitud inconmensurabl	Magnitud conmensurable	Valor	Impacto total	Costo	Impacto final	Sistema alerta
F																														
F																														
...																														
F																														
TOTAL MEDIO FISICO			I / M																											
F																														
F																														
...																														
F																														
TOTAL MEDIO SOCIOECONOMICO																														
TOTAL MEDIO AMBIENTE																														
	MATRIZ DE CUANTIFICACION												MATRIZ DE EVALUACION CUANTITATIVA DEL PROYECTO BASE								MATRIZ DE CORRECCION DE IMPACTOS								EVALUACION FINAL	
	EVALUACION CUALITATIVA (I) EVALUACION CUANTITATIVA (M)												EVALUACION CUANTITATIVA																	

Anexo C. Metodología para realizar diagnósticos en represas

INFORMACIÓN NECESARIA

1. Características generales

Nombre:

Distancia desde la presa hasta la desembocadura del río, contando la distancia a lo largo del cauce y distancia en a la desembocadura del río de la intersección con el río de la curva de nivel correspondiente al máximo nivel normal de explotación.

Código de cauces:

Cuenca Hidrográfica:

Cuenca Hidrogeólogica:

Provincia o departamento:

Propietario:

Año de terminación:

2. Usos y tipo de presa

Usos: Abastecimiento/ Hidroeléctrico/Riego/Regulación/Refrigeración.

Actividades: Navegación/Naveg. a motor/Baños/Club náutico/ Pesca.

Interés Natural: Espacio Protegido/ Aves acuáticas/ Otras especies

Espacio Protegido, si el área ocupada por el embalse cuenta con alguna figura de protección (Parque, Parque nacional, Parque natural, Reserva natural,

Zona Especial Protección Aves (ZEPA), Refugio de fauna silvestre, Reserva de la biosfera) según la legislación aplicable.

Aves acuáticas, si el embalse está incluido en alguna de las listas de masas acuáticas de interés para las aves acuáticas elaboradas en la región.

Otras especies, si el embalse o sus áreas naturales asociadas cuentan con especies de interés (especies amenazadas, endémicas, en peligro de extinción).

Comentarios:

Tipo de presa:

Cota tomas (m s.n.m.):

Torre de tomas: Si/No

Escala de peces: Si/No

Comentarios:

3. Morfometría-Hidrología

Volumen (hm3) :

Superficie (ha):

Cota (m s.n.m.):

Profundidad máxima (m):

Es la profundidad máxima teórica del embalse a la cota del nivel máximo normal.

Profundidad media (m):

Es el cociente entre el volumen máximo del embalse y la superficie que ocupa la

lámina de agua.

Profundidad termoclina (m):

Es el rango de profundidad que comprende las profundidades de inicio y final de la termoclina.

Desarrollo de volumen:

Es el resultado de la aplicación de la siguiente fórmula:

3*(Prof. media/Prof. máxima)

Volumen epilimnión (hm3):

Es el volumen comprendido entre la cota de superficie del embalse y la cota de inicio de la termoclina.

Volumen hipolimnión (hm3):

Es la diferencia entre el volumen total del embalse y el volumen del epilimnión

(incluye el volumen del metalimnión o termoclina).

Relación E/H:

Es el cociente entre el volumen del epilimnión y el volumen del hipolimnión.

Fluctuación del nivel: Poca/Media/Mucha.

La fluctuación del nivel se califica de poca cuando es de 1 a 2 m, media si es entre

2 y 10 m, y mucha si es superior a 10 m.

Tiempo de residencia (meses):

Es el cociente entre el volumen embalsado y el volumen evacuado en el periodo de tiempo considerado que en este caso es de un mes.

Comentarios:

4. Hidroquímica

Se presentan los rangos (valor máximo y mínimo) del parámetro, observados en la serie de datos considerada. Entre los cuales pueden presentarse:

Conductividad (µS/cm):

Calcio (mg/L):

Fosfato (mg/L):

Nitrato (mg/L):

Amonio (mg/L):

Comentarios:

Tributario principal

Conductividad (µS/cm):

Calcio (mg/L):

Fosfato (mg/L):

Nitrato (mg/L):
Amonio (mg/L):
Comentarios:

A partir de esta información se determinan las posibles alteraciones que se estan presentando en el embalse.

1. Estado trófico

Nivel trófico: Oligotrófico/Mesotrófico/Eutrófico/Hipereutrófico. Basado principalmente en los modelos de la OCDE (Organización,Cooperación y Desarrollo Económico, 1980) y Vollenweider (1968).

Hipolimnion: Con oxígeno/Anóxico/Con SH2.
Se califica el hipolimnion de anóxico si alguna vez ha presentado una concentración de oxígeno inferior a 1 mg/L.
Blooms algales (Cianoficeas/Otros grupos): Si/No
Se indica si se han producido o existe riesgo de que se produzcan proliferaciones de algas cianofíceas o de otros grupos que den coloraciones al agua que puedan alarmar a la población, o que formen cúmulos en las orillas que por putrefacción ocasionen malos olores.
Comentarios:

2. Peces

Densidad: Alta/Media/Baja.
La densidad de los peces en el embalse se estima de forma aproximada, teniendo en cuenta la existencia de hábitats para los peces, el nivel trófico y si el embalse es frecuentado por pescadores.
Especies:
La lista de especies de peces se elabora a partir de estudios publicados y de la información obtenida en las sociedades de pesca.

3. Sedimentos

Nivel de aterramiento o azolvamiento: Alto/Medio/Bajo.

Para los embalses incluidos en estudios realizados por el CEDEX el nivel de aterramiento se califica de alto si la pérdida de volumen supera el 25%, de medio si ésta es de 10 a 25%, y de bajo si es inferior al 10%.

En los embalses en los que no se han realizado estudios específicos de azolvamiento, éste se ha estimado a partir de la diferencia entre la profundidad actual, medida con el ecosonda, y la teórica. También se ha tenido en cuenta la naturaleza de la cuenca del embalse, la presencia de bancos de lodos y si los desagües de fondo se encuentran bajo el nivel de lodos.

Materia orgánica: Alta / Baja

Según el aspecto del lodo extraído y la presencia (y abundancia) de capas de color oscuro que indican materia orgánica no oxidada.

Producción de metano: Alta / Baja.

Según la dilatación y formación de burbujas en el sedimento extraído.

Riesgo de contaminación: Alto / Bajo.

Según la presencia de asentamientos industriales o actividades de minería en la cuenca del embalse que puedan provocar la presencia de tóxicos (metales pesados, etc.) en el sedimento.

Comentarios:

4. Tramo fluvial bajo la presa

Anchura del cauce (m):

Pendiente (%):

Caudal de compensación (m3/s):

Se indica si existe o no caudal de compensación definido por la Administración o por el Organismo gestor del embalse, para el tramo fluvial bajo la presa.

Estructura del lecho: Balsas/Tablas/Rápidos/Grandes bolos.

Se realiza una descripción morfológica del tramo basada en la presencia de balsas (zonas profundas y con tasa de renovación del agua menor), tablas (zonas de profundidad intermedia y régimen laminar del agua) y Rápido (zonas turbulentas). Grandes bolos significa presencia de piedras redondeadas de gran tamaño en el cauce, lo cual es característico de los tramos altos en zonas graníticas.

Objetivo de calidad: OC-1/OC-2/OC-3.

Según la calificación del tramo en el plan hidrológico. OC-1 indica aguas aptas para salmónidos y en las que la producción de agua potable sólo requiere tratamiento A1; OC-2 indica aguas aptas para ciprínidos y en las que la producción de agua potable requiere tratamiento A2 y que además son aptas para baños y usos ecológicos; OC-3 indica aguas sólo aptas para riego.

Usos: Abastecimiento / Riego / Baño / Piscifactoría / Deportivo-Recreativo / Ecológico /

Pesca.

Fauna acuática

Índice biótico (B.M.W.P.):

Se presenta el rango de valores del índice B.M.W.P. conocido para el tramo fluvial indicado. El índice se calcula según Alba y Sánchez (1988) y los valoresvarían entre 0 y +150.

Índice biótico (nivel de calidad):

Se indica el rango del nivel de calidad asociado a las puntuaciones del B.M.W.P.

Este índice presenta 6 clases de calidad.

Calificación del tramo según peces:

Se califica como tramo salmonícola el dominado por la trucha; ciprinícola en el que prácticamente no hay trucha y dominan las especies de la familia de los ciprínidos; y de transición en el que coexisten truchas y ciprínidos.

Especies de peces:

La lista de peces se elabora teniendo en cuenta los estudios publicados (ver bibliografía) y la información obtenida de sociedades de pesca.

Ecosistema de ribera:

Se caracteriza el ecosistema de ribera según la presencia de especies propias de

este ecosistema y de su estructura (anchura, densidad) y estado de conservación.

5. Riesgos ambientales

Los riesgos ambientales se definen de acuerdo con las características de los embalses y de los tramos fluviales situados aguas abajo.

Mortandad de peces:

Cuando existe el riesgo de una mortandad de peces en el embalse o en el tramo

fluvial bajo la presa. Entre los más importantes se encuentra el vertido de aguas anóxicas y con tóxicos, y el vertido de lodos o de aguas muy turbias.

Afecciones a los peces:

Cuando existe el riesgo de que los peces sean dañados o perjudicados aunque ello no comporte necesariamente su muerte. Algunos ejemplos son la disminución

del hábitat y del alimento, la disminución del éxito reproductivo (pérdida de áreas de reproducción), las afecciones físicas a los individuos debidas a aguas turbias o tóxicas, o por variaciones del régimen térmico, las derivadas de la competencia entre las especies autóctonas e introducidas (las que generalmente acaban por desplazar a las especies autóctonas), etc.

Afecciones a otra fauna:

Son los riesgos de dañar o perjudicar a especies faunísticas calificadas de interés y, en algunos casos amenazadas como es el caso de la nutria, diferentes aves acuáticas, el cangrejo autóctono, etc.

Afecciones al ecosistema de ribera:

Son los riesgos de producir afecciones al ecosistema de ribera. Estos se refieren generalmente a las variaciones del caudal, descenso del nivel freático o a sueltas de lodos.

Riesgos hidrológicos:

Se refiere a riesgos asociados con un vertido de agua extraordinario en cauces que habitualmente están secos y cubiertos de vegetación.

Afecciones a los usos del embalse y del tramo fluvial:

Son los riesgos de producir afecciones a los usuarios del agua del embalse o del tramo fluvial. Los usos considerados han sido: abastecimiento, piscifactorías, baños y actividades deportivo-recreativas y pesca.

Riesgos para la navegación:

Se indican algunos riesgos para la navegación en el embalse según las características de éste y la información suministrada por los encargados de los embalses.

Comentarios a los riesgos ambientales:

Se justifican los riesgos ambientales incluidos para cada embalse, y se amplía información sobre su origen, probabilidad e importancia.

Actuaciones (Medidas correctoras; Procedimientos de desembalse; Actuaciones en sequía).

Se indican actuaciones generales para prevenir, paliar o evitar los riesgos ambientales identificados en el embalse. También se proponen medidas correctoras en el caso de que los riesgos no puedan ser evitados.

Procedimientos de seguimiento:

Se incluyen procedimientos sencillos de seguimiento del embalse para la prevención de los riesgos ambientales.

LISTA DE AFECTACIONES PRODUCIDA POR REPRESAS

Mortandad de peces

Riesgos que producen la mortandad de peces en el embalse o en el tramo fluvial bajo la presa o la aparición de peces muertos debido a alguna actividad (pesca deportiva). Entre los riesgos más importantes se encuentran:

Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por turbinado o vertido de aguas anóxicas y tóxicas.

Mortandad de peces en el embalse bajo la presa por turbinado o vertido de aguas anóxicas y tóxicas.

Mortandad de peces en el embalse por mezcla de aguas anóxicas y tóxicas procedentes del hipolimnión.

Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.

Mortandad de peces en el embalse por enturbiamiento del agua.

Mortandad de peces en el embalse por pérdida de hábitat, destrucción y concentración de individuos.

Mortandad de peces en el embalse por cúmulos de fitoplancton tóxico.

Mortandad de peces en el embalse por afloramiento de aguas profundas tóxicas y sedimento debido a la liberación de metano.

Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por el régimen hidroeléctrico (variaciones bruscas y de rango elevado del caudal de agua).

Mortandad de peces en el tramo fluvial bajo la presa por cambios bruscos de la temperatura del agua debidos a vertidos de aguas frías.

Mortandad de peces en el tramo bajo la presa por intoxicación por aguas sobresaturadas de gases.

Peces muertos en el embalse por abandono de los mismos después de su pesca.

Afecciones a los peces

Son riesgos que producen afecciones a los peces, de forma que éstos pueden ser dañados o perjudicados sin que ello comporte necesariamente su muerte. Entre los riesgos más importantes se encuentran:

Afecciones a los peces del embalse por pérdida de hábitat (reducción del alimento) debido a oscilaciones del nivel del agua.

Afecciones a los peces del embalse por pérdida de áreas de reproducción.

Afecciones a los peces del embalse por pérdida de las puestas de huevos por descenso inusual del nivel del agua.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones bruscas del caudal.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción de los frezaderos por la retención de gravas y arenas en el embalse.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por eliminación (colmatación) de frezaderos por vertido de lodos.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción de frezaderos por carbonatación.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por reducción o eliminación del caudal.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por efecto barrera a los desplazamientos aguas arriba y abajo (migraciones de salmónidos).

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por cambios de la calidad físico-química del agua.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por distorsiones en el régimen hidrológico.

Afecciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa por alteraciones del régimen térmico de las aguas.

Afecciones a los peces autóctonos del tramo fluvial bajo la presa por la competencia con especies exóticas de peces introducidas en el embalse.
Afecciones a los peces por el favorecimiento de la presencia de garzas (*Ardea cinerea*) en los embalses y ríos regulados.
Afecciones a los peces por favorecer la aparición y transmisión de enfermedades infecciosas.
Afecciones a los peces autóctonos del tramo fluvial aguas arriba del embalse por la migración de especies indeseables desde el embalse.
Afecciones a los peces del tramo fluvial aguas arriba del embalse por efecto barrera a los desplazamientos.

Afecciones a otra fauna

Son los riesgos de dañar o perjudicar a especies faunísticas calificadas de interés y, en algunos casos amenazadas como es el caso de la nutria, diferentes aves acuáticas, el cangrejo autóctono, etc. Entre los riesgos más importantes se encuentran:

Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial aguas arriba del embalse por fluctuación del nivel del agua.
Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del caudal.
Afecciones a la población de nutria del tramo fluvial bajo la presa por aumento de la turbidez del agua, debido al vertido de agua turbia o con lodos.
Afecciones a las nutrias por disminución de la densidad de peces.
Afecciones a la población de nutrias de la zona por el efecto barrera de la presa.
Afecciones a la población de nutrias de la zona por presencia de pescadores.
Afecciones a las aves acuáticas del embalse por pérdida de áreas de nidificación.

Afecciones a las aves acuáticas del embalse por pérdida de hábitats.
Afecciones a las aves acuáticas de hábitats situados aguas abajo del embalse por vertido de lodos.
Afecciones al cangrejo autóctono por pérdida de calidad del agua.
Afecciones al cangrejo autóctono por distorsiones del régimen hidrológico.
Afecciones a la comunidad de anfibios del tramo fluvial bajo la presa por pérdida de calidad del agua.
Afecciones a la comunidad de anfibios del tramo fluvial bajo la presa por distorsiones del régimen hidrológico.
Afecciones a la fauna bentónica del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del nivel del agua.
Afecciones a la fauna bentónica del tramo fluvial bajo la presa por alteración del régimen térmico del agua.
Afecciones a la fauna bentónica del tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.

Afecciones al ecosistema de ribera

Son los riesgos de producir afecciones al ecosistema de ribera. Estos se refieren generalmente a las variaciones del caudal, descenso del nivel freático o a liberaciones de lodos. Entre los más importantes:

Afecciones al ecosistema de ribera del tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones de caudal.
Afecciones al ecosistema de ribera del tramo fluvial bajo la presa por vertido de lodos.
Afecciones al ecosistema de ribera del tramo fluvial bajo la presa por descenso del nivel freático (sobreexcavación del cauce).

Riesgos hidrológicos

Se refiere a riesgos asociados con un vertido de agua extraordinario en cauces que habitualmente están secos y cubiertos de vegetación

Afecciones a los usos del agua en el embalse y en el tramo fluvial

Son los riesgos de producir afecciones a los usuarios del agua del embalse o del tramo fluvial. Los usos considerados han sido: abastecimiento, piscifactorías, baños y actividades deportivo-recreativas y pesca.

Abastecimiento

Afección al agua para abastecimiento del embalse por enturbiamiento del agua del mismo.

Afección al agua para abastecimiento del tramo fluvial bajo la presa por enturbiamiento del agua por vertido de lodos.

Afección al agua para abastecimiento del tramo fluvial bajo la presa por vertido de aguas turbias del embalse.

Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por presencia de tóxicos y malos sabores debidos a fitoplancton del embalse.

Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por tóxicos y malos sabores ocasionados por fenómenos de reducción en el hipolimnion.

Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por la presencia de hierro y manganeso procedente de los fenómenos de reducción en el hipolimnion.

Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por la presencia de ácidos húmicos.

Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por pérdida de calidad del agua por mortandad de peces.

Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por vertido de lodos contaminados.

Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por pérdida de calidad con la disminución del volumen o caudal (concentración de iones y contaminantes).
Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por contaminación debida a microbios patógenos.
Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por la muerte de vegetación macrófita en el embalse.
Afección al agua para abastecimiento del embalse o del tramo fluvial por pérdidas de aceites e hidrocarburos de navegación.

Piscifactorías

Afección a la piscifactoría instalada en el tramo fluvial bajo la presa por enturbiamiento del agua del embalse o del río.
Afección a la piscifactoría instalada en el tramo fluvial bajo la presa por enturbiamiento del agua del río por vertido de lodos.
Afección a la piscifactoría instalada en el tramo fluvial bajo la presa por la presencia de tóxicos derivados de los fenómenos de reducción del hipolimnion.
Afección a la piscifactoría instalada en el tramo fluvial bajo la presa por la presencia de tóxicos derivados del fitoplancton del embalse.
Afección a la piscifactoría instalada en el tramo fluvial bajo la presa por incremento de la temperatura del agua.

Baños y actividades deportivo-recreativas

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por la presencia de lodos en los márgenes del embalse al bajar el nivel del agua.
Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por el desarrollo de macrófitos en orillas y ensenadas.

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por el enturbiamiento del agua.

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el embalse por desarrollo de blooms de fitoplancton.

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el tramo fluvial bajo la presa por vertidos de agua fría durante el periodo estival.

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el tramo fluvial bajo la presa por fluctuaciones del caudal y nivel del agua.

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el tramo fluvial bajo la presa por pérdida de calidad del agua (olor, color).

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el tramo fluvial bajo la presa por presencia de microbios patógenos.

Afección a los baños y actividades deportivo-recreativas en el tramo fluvial bajo la presa por la eutrofización del tramo regulado (aparición de algas filamentosas y macrófitos sumergidos y flotantes).

Pesca

Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del embalse (ver afecciones a los peces).

Afección a la pesca por perturbaciones a los peces del tramo fluvial bajo la presa (ver afecciones a los peces).

Afección a la pesca en el embalse por la dificultad de acceso con el nivel bajo.

Afección a la pesca en el tramo bajo la presa por fluctuación del caudal.

Afección a la pesca en el tramo bajo la presa por eutrofización del río (crecimiento de algas filamentosas y macrófitos).

Afección a la pesca en el embalse y en el tramo fluvial bajo la presa por el incremento de la población de garzas.

Afección a la seguridad física de los pescadores en el tramo bajo la presa por fluctuación del caudal.

Riesgos para la navegación

Se indican algunos riesgos para la navegación en el embalse según las características de éste y la información suministrada por los encargados de los embalses. Entre los más importantes:

Presencia de obstáculos en el fondo (restos de edificaciones, puentes, árboles).

Presencia de troncos y maderos a la deriva durante el deshielo o en época de lluvias.

Dificultad de desembarco en caso de emergencia en las orillas del embalse (lodos, rocas, ...).

Riesgo físico en caso de caída al agua de navegantes por la temperatura demasiado fría en verano.

Anexo D. Matriz Orientativa

ANEXO 4. MATRIZ ORIENTATIVA

Procesos/Variables ambientales afectadas → / Procesos/Actividades productoras de impactos ↓	CLIMA								SUELOS					AGUAS				FLORA			FAUNA			ECOSISTEMAS (RIBERA)	PAISAJE	HUMANO			
	Visibilidad	Temperatura aire	Precipitacion	Humedad	Evaporacion	Evapotranspiracion	Nivel sonoro	Viento	Estabilidad de los taludes	Riesgo sismico	Azolvamiento	Perdida suelo fertil	Usos del suelo	Calidad del agua (embalse)	Calidad del agua (aguas abajo)	Calidad aguas subterraneas	Regimen Acuiferos	Vegetación ribereña	Vegetación aledaña vaso	Vegetación acuatica	Fauna terrestre	Fauna Acuatica (embalse)	Fauna Acuatica (aguas abajo)			Sistema territorial	Población	Actividad pesquera	Operación compuertas represa
Cambios en el microclima			x	x				x																					
Disminución de la continentalidad del clima (Aparición neblina)	x	x	x																						x	x			
Aumento ruido (Presencia de turbinas y/o bombas)							x														x	x							
Contaminación atmosferica (trafico vehiculos)							x											x	x								x		
Erosión									x		x	x		x															
Sedimentación											x			x															
Movimientos en masa											x	x		x															
Aumento presión poros suelos anegados										x																			
Variación niveles lamina de agua en el vaso									x			x	x					x	x			x			x		x		
Perdida de agua					x																								
Disminución velocidad del flujo aguas abajo													x																
Efluentes de focos contaminantes al embalse														x															
Eutrofización														x	x	x					x	x	x				x	x	
Estratificación														x	x	x					x	x	x				x	x	
Salinización														x	x	x					x	x	x				x	x	
Cambios en la temperatura del agua														x									x						
Desembalsamiento																	x	x					x	x			x	x	
Descenso capacidad autodepuradora del río (aguas abajo)														x													x		
Variación caudales del río aguas abajo (caudal ecologico)																		x					x						
Oscilaciones del nivel freatico y/o piezometrico																	x	x						x					
Crecimiento de vegetación acuatica (Ej. Jacinto de Agua)						x								x													x		x
Desaparición bosques de ribera																			x						x				
Efecto barrera																					x		x						
Cambios en el uso del suelo																									x	x	x		
Modificaciones en el trazado viario																									x	x	x		
Introducción especies peces en el embalse																						x							
Actividades turisticas														x								x	x						
Embalse utilizado para regadio													x										x			x	x		
Creación de nuevos habitats																						x						x	
Otros procesos o actividades impactantes																													

Anexo E. Matriz de identificación de impactos de la presa Pedroso

Procesos/Variables ambientales afectadas → / Procesos/Actividades productoras de impactos ↓	CLIMA								SUELOS					AGUAS				FLORA			FAUNA			ECOSISTEMAS (RIBERA)	PAISAJE	HUMANO			
	Visibilidad	Temperatura aire	Precipitacion	Humedad	Evaporacion	Evapotranspiracion	Nivel sonoro	Viento	Estabilidad de los taludes	Riesgo sismico	Azolvamiento	Perdida suelo fertil	Usos del suelo	Calidad del agua (embalse)	Calidad del agua (aguas abajo)	Calidad aguas subterraneas	Regimen Acuíferos	Vegetación ribereña	Vegetación aledaña vaso	Vegetación acuatica	Fauna terrestre	Fauna Acuatica (embalse)	Fauna Acuatica (aguas abajo)			Sistema territorial	Población	Actividad pesquera	Operación compuertas represa
Cambios en el microclima			x	x				x																					
Disminución de la continentalidad del clima (Aparición neblina)	x	x	x																						x	x			
Aumento ruido (Presencia de turbinas y/o bombas)							x														x	x					x		
Contaminación atmosferica (trafico vehiculos)							x											x	x								x		
Erosión									x		x	x		x															
Sedimentación											x			x															
Movimientos en masa											x	x		x															
Aumento presión poros suelos anegados										x																			
Variación niveles lamina de agua en el vaso									x			x	x					x	x			x			x		x		
Perdida de agua					x																								
Disminución velocidad del flujo aguas abajo													x																
Efluentes de focos contaminantes al embalse														x															
Eutrofización														x	x	x					x	x	x				x	x	
Estratificación														x	x	x					x	x	x				x	x	
Salinización														x	x	x					x	x	x				x	x	
Cambios en la temperatura del agua														x									x						
Desembalsamiento																	x	x					x	x			x	x	
Descenso capacidad autodepuradora del río (aguas abajo)														x													x		
Variación caudales del río aguas abajo (caudal ecologico)																		x					x						
Oscilaciones del nivel freatico y/o piezometrico																	x	x						x					
Crecimiento de vegetación acuatica (Ej. Jacinto de Agua)						x								x													x		x
Desaparición bosques de ribera																			x						x				
Efecto barrera																					x		x						
Cambios en el uso del suelo																									x	x	x		
Modificaciones en el trazado viario																									x	x	x		
Introducción especies peces en el embalse																						x							
Actividades turisticas														x								x	x						
Embalse utilizado para regadio													x										x			x	x		
Creación de nuevos habitats																						x						x	
Otros procesos o actividades impactantes																													

Anexo F. Resultado del estudio para los focos contaminantes (sende, 2003)

Centro de Preparación Acuícola Mampostón. (CPAM)

a) Resultados de Laboratorio

Lugar.	Fecha	pH	Ce	DQO	DBO	Nt	Pt	ST	STF	STV
		-Log [H+]	□S cm^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	□g L^{-1}	□g L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}
CPAM-1	Ene 25/2003		270	30		600,0	910,0	312	248	64
CPAM-2			359	54		600,0	1.020,0	276	168	108
CPAM-3			390	17		200,0	250,0	294	178	116
CPAM-1	Feb 25/2003	7,68	260	38	6	2.764,0	1.019,0	192	144	48
CPAM-2		7,78	255	15	3	1.089,0	502,0	226	170	56
CPAM-3		7,55	255	22	6	2.513,0	374,0	192	144	48
CPAM-1	Abr 22/2003	9,21	365	20	12	881,9	1.381,6	420	362	58
CPAM-2		8,63	260	13	6	803,1	1.229,3	450	392	62
CPAM-3		8,65	325	25	4	1.350,4	345,9	228	214	14
CPAM-1	Jun 24/2003	7,69	375	13	2	1.881,4	500,0	154	94	60
CPAM-2		7,31	260	371	30	5.412,4	6.923,1	1.358	1.042	316
CPAM-3		7,41	310	18	2	1.314,4	346,2	200	152	48

Promedio.	pH	Ce	DQO	DBO	Nt	Pt	ST	STF	STV
	-Log [H+]	□S cm^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	□g L^{-1}	□g L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}
CPAM-1	8,19	318	25	7	1.531,8	952,7	270	212	58
CPAM-2	7,91	284	113	13	1.976,1	2.418,6	578	443	136
CPAM-3	7,87	320	21	4	1.344,5	329,0	229	172	57

Analizando estos parámetros con la norma enunciada, (Sende, 2003) encontró que:

- pH: En el canal 1, existe un único valor que sobrepasa el LMPP establecido por la normativa, y donde además se reportan los mayores valores promedio de la variable dentro de la instalación.

- Conductividad eléctrica (Ce): Todos los valores están por debajo del LMPP

- DQO: Todos los puntos por debajo del LMPP, excepto las mediciones efectuadas en el canal 2 durante el mes de junio, debido a que en ese mes se hicieron dragados de este canal que pueden facilitar la presencia de componentes que determinen un aumento de esta variable.

- DBO: Todos los valores están por debajo del LMPP.

- Relación DBO/DQO: Teniendo en cuenta los valores promedio calculados se encuentra en todos los casos por debajo del 30 % teniendo poca tendencia a la biodegradabilidad.

- Nitrógeno y Fósforo: Todos los valores están por debajo del LMPP, excepto las muestras en el canal 2, en junio de 2003 donde se reporta un único valor que sobrepasa la normativa.

- Sólidos: la mayor componente es la fija para todos los casos, lo que evidencia la presencia de sólidos de naturaleza inorgánica en mayor cuantía en estos efluentes.

Resultados de las mediciones de variables de campo

Lugar	Fecha	T aire	T agua	pH	CE	OD
		(ºC)	(ºC)	U	(□S cm^{-1})	(mg L^{-1})
CPAM-1	Ene 25/2003	25,9	23,1	6,34	276	4,8
CPAM-2		26,3	22,2	6,51	275	1,12
CPAM-3		26,3	22,2	6,66	368	1,6
CPAM-1	Feb 25/2003	30,2	28,1		385	
CPAM-2		31,2	29,7		257	
CPAM-3		32,1	29,1		322	
CPAM-1	Abr 22/2003	29,5	26,6	8,86	379	3,65
CPAM-2		29,5	28,3	8,87	264	2,83
CPAM-3		32,1	27,3	7,64	335	2,26
CPAM-1	Jun 24/2003	27,8	25,6	7,79	259	4,1
CPAM-2		32,2	37,8	7,74	262	1,1
CPAM-3		29,7	29,6	8,49	264	6,4

Promedio	T aire	T agua	pH	CE	OD
	(ºC)	(ºC)	U	(□S cm^{-1})	(mg L^{-1})
CPAM-1	28,35	25,85	7,66	324,75	4,18
CPAM-2	29,80	29,50	7,71	264,50	1,68
CPAM-3	30,05	27,05	7,60	322,25	3,42

Analizando estos parámetros Sende (2003) encontró que:

- Comportamiento normal de la temperatura, sin alteraciones de esta variable durante los muestreos realizados.
- El pH medido in situ no presenta alteraciones, estando dentro de los valores permisibles en todo momento.

- La conductividad eléctrica no presenta alteraciones apreciables en tiempo y espacio, y siempre muy por debajo del LMPP

- El oxígeno disuelto a pesar de no ser elevado no presenta depresión severa, siendo el canal 2 el de menores valores espaciales y temporales dentro de la instalación.

b) Resultados de las variables indicadoras de contaminación bacteriológica.

Lugar.	**Fecha**	**CT**	**CF**
		NMP 100mL^{-1} H_2O	**NMP 100mL^{-1} H_2O**
CPAM-1	Abr 22/2003	2,4 X 10^5	<2
CPAM-2		2,4 X 10^5	<2
CPAM-3		2,4 X 10^6	3 X 10^5
CPAM-1	Jun 24/2003	2,3 X 10^4	4 X 10^3
CPAM-2		3 X 10^5	<2
CPAM-3		7 X 10^4	2 X 10^4

Analizando estos parámetros Sende (2003) observó una violación de los parámetros de la normativa con respecto a ambas variables, estando ambas en prácticamente todos los muestreos puntuales por encima de los valores LMPP establecidos. Además, encontró una componente fecal importante en los canales 1 y 3 de esta entidad que de acuerdo a los resultados puntuales del mes de junio puede llegar a ser mayoritaria, lo que evidencia la presencia de residual albañal dentro de estos efluentes, al estar la relación CT/CF prácticamente para todos los casos por encima del 20 %.

GRANJA INTEGRAL PORCINA ALEIDA FERNÁNDEZ

Resultados de Laboratorio

Lugar.	Fecha	pH	Ce	DQO	DBO	Nt	Pt	ST	STF	STV
		-Log [H+]	□S cm^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	□g L^{-1}	□g L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	Ene 25/2003	7,34	700	78	17	11.500,0	720,0	550	394	156
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	Mar 25/2003	6,21	3500	7200	3112	173.031,5	89.583,3	6002	2062	3940
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	May 20/2003	7,15	1010	1313	525	29.375,0	10.286,3	1706	690	1014

Promedio.	pH	Ce	DQO	DBO	Nt	Pt	ST	STF	STV
	-Log [H+]	□S cm^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	□g L^{-1}	□g L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	6,90	1737	2864	1218	71.302,2	33.529,9	2753	1049	1703

Analizando estos parámetros con la norma enunciada, (Sende, 2003) encontró que:

- pH: Valores entre los LMPP.
- Conductividad eléctrica (Ce): Todos los valores están cercanos del LMPP, indicando la peligrosidad de este efluente por la alta cantidad de materia orgánica.
- DQO: Los valores puntuales en cada uno de los puntos muy por encima de este durante dos de los muestreos.
- Relación DBO/DQO: Teniendo en cuenta los valores promedio calculados se encuentra, en todos los casos por encima del 40 %, teniendo buena tendencia a la biodegradabilidad
- Nitrógeno y Fósforo: Todas las muestras puntuales excepto para el valor de concentración de fósforo del mes de enero, los valores obtenidos se encuentran muy por encima de los LMPP.
- Sólidos: La mayor componente es la volátil en todos los casos excepto en el mes de enero donde se observa un comportamiento diferente.

a) Resultados de las mediciones de variables de campo

Lugar	Fecha	T aire	T agua	pH	CE	OD
		(ºC)	(ºC)	U	(□S cm^{-1})	(mg L^{-1})
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	Ene 25/2003	19,6	23,7	7,89	644	3,76
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	Mar 25/2003	29,6	28,8		644	3,76
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	May 20/2003	29,6	28,1	7,91	693	2,04

Promedio	T aire	T agua	pH	CE	OD
	(ºC)	(ºC)	U	(□S cm^{-1})	(mg L^{-1})
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	26,27	26,87	7,90	660,33	3,19

Analizando estos parámetros Sende (2003) encontró que:

- Comportamiento normal de la temperatura, sin alteraciones de esta variable durante los muestreos realizados.
- El pH medido in situ no presenta alteraciones, estando dentro de los valores permisibles en todo momento.
- La conductividad eléctrica no presenta alteraciones apreciables en tiempo y espacio, y siempre muy por debajo del LMPP
- El oxígeno disuelto determinado in situ no presenta signos de depresión severa, siendo los valores medidos adecuados de acuerdo a la naturaleza de estos residuos, no obstante los valores de DBO y DQO que de una u otra forma están relacionados con esta variable, evidencian la necesidad de un gran consumo de este parámetro en este tipo de vertido, con la consiguiente afectación a los cuerpos receptores donde estos se disponen.

b) Resultados de las variables indicadoras de contaminación bacteriológica.

Lugar.	Fecha	CT	CF
		NMP 100mL^{-1} H_2O	NMP 100mL^{-1} H_2O
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	Mar 25/2003	5 X 10^8	8 X 10^7
Granja Int. Porc. Aleida Fdez.	May 20/2003	8 X 10^6	9 X 10^6

Analizando estos parámetros Sende (2003) observó al igual que en el caso anterior una violación de los parámetros de la normativa con respecto a ambas variables, estando ambas en prácticamente todos los muestreos puntuales muy por encima de los valores LMPP establecidos, y en segundo lugar una componente fecal prácticamente mayoritaria, lo que evidencia la presencia de contaminación fecal dentro de estos efluentes, al estar la relación CT/CF prácticamente para todos los casos cercana o superior al 20 %.

PASTEURIZADORA ALJIBE.

Esta entidad constituyó objeto de caracterización pormenorizada de sus residuales líquidos en enero del 2002, a partir de lo cual se determinó el aporte de esta al arroyo Ganuza, corriente superficial que se encuentra dentro de la cuenca. Obteniéndose los siguientes resultados:

- Temperatura: presentó valores entre 24.5 - 27.5 °C en los registros interiores de las instalaciones de producción, sin embargo el registro 6 procedente de las calderas puede presentar valores puntuales entre 60-70 °C, y son vertidas directamente al cauce receptor estas temperaturas causan un impacto severo en la vida acuática del cuerpo de agua.
- pH: se mantiene en valores cercanos a la neutralidad, entre 7,28 y 8,28, aunque se reportaron valores menores de 6 unidades (5,59), el cual es el límite inferior permisible establecido por la normatividad. La causa de estos valores puntuales podrían ser limpiezas realizadas con ácidos.
- Conductividad eléctrica (Ce): Presentó valores entre 510 y 1450 $\mu S \cdot cm^{-1}$, con una media de 702 $\mu S \cdot cm^{-1}$, cumpliendo con la normatividad. Las conductividades medidas en el laboratorio presentaron ligeras diferencias a las obtenidas en el campo debido fundamentalmente a los efectos de la temperatura.

- Oxigeno Disuelto: Se encontraron valores por encima de 3 $mg \cdot L^{-1}$. Este hecho es beneficioso ya que estos niveles de oxigeno pueden contribuir a la oxidación de la materia orgánica en el cauce.

- Sólidos: Los sólidos totales (ST) presentaron valores mínimos de 374 $mg \cdot L^{-1}$ y máximos de 770 $mg \cdot L^{-1}$, con una media de 498 $mg \cdot L^{-1}$, siendo preponderante la componente de los **sólidos totales fijos** (STF), es decir se evidencia una mayor presencia de químicos inorgánicos. Siendo la relación STF/ST en la totalidad de las muestras mayor de 0,6, con una media de 0,83, tipificando claramente el residual en cuanto a los sólidos debido a la escasa variabilidad que posee en cuanto a este componente.

- DBO_5 y DQO: Las concentraciones de la **DBO_5** y la **DQO**, que representan la contaminación de carácter orgánico del residual, resultaron relativamente moderadas en relación con las esperadas para este tipo de residual, oscilando desde 6 hasta 1.224 mg/l para la **DBO_5** y de 19 a 2.692 $mg \cdot L^{-1}$ para **DQO**, teniendo en cuenta una muestra de enjuague, que poseía una marcada contaminación con leche, y que demuestra que la fábrica puede aportar volúmenes de agua con elevadas concentraciones instantáneas, que aportarían muy altas cargas puntuales. Las muestras integrales prácticamente en su totalidad exceden los límites permisibles por la norma para el caso de estas especies.

- Relación DBO/DQO: En las áreas de producción se mantuvo alrededor del valor de 0,4, lo que demuestra que el residual presenta características adecuadas para la aplicación de un tratamiento biológico.

- Nitrógeno y Fósforo: Se observaron valores de Nt (nitrógeno total) entre 1,14 y 4,23 $mg \cdot L^{-1}$ acordes con la normatividad reportándose, sin embargo, valores puntuales de 77,11 $mg \cdot L^{-1}$, en el caso de la muestra colectada en el

enjuague que violan la norma, pudiendo ocasionar graves problemas ambientales. El fósforo total tiene reportado valores entre 0,14 y 1,8 $mg \cdot L^{-1}$ estando acorde con la normatividad.

- Grasas y aceites e hidrocarburos totales: Los residuales de la entidad incorporan una considerable carga referida a estos, fundamentalmente en los residuales evacuados de los talleres y el área de calderas, encontrándose aportes de 1,95 $Kg \cdot hora^{-1}$ de grasas y aceites y 0.74 $kg \cdot hora^{-1}$ de hidrocarburos totales. Los limites para grasas y aceites son violados, las concentraciones de hidrocarburos totales son considerables, aunque la norma actual no establece concentraciones prohibitivas para este caso.

También se llevo a cabo un muestreo en el año 2003 de acuerdo al estudio realizado en todos los focos contaminantes.

a) Resultados de Laboratorio

Lugar.	Fecha	pH	Ce	DQO	DBO	Nt	Pt	ST	STF	STV	SS
		-Log [H+]	□S cm^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	□g L^{-1}	□g L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mL L^{-1}
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	Ene 25/2003	7,96	630	20	7	7.000,0	2.940,0	418	378	40	
Arroyo Ganuza después de aljibe.		7,78	820	39	19	7.800,0	1.410,0	464	394	70	
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	Mar 25/2003	7,71	600	30	11	7.696,9	572,9	350	322	28	<0,1
Arroyo Ganuza después de aljibe.		7,81	260	37	11	12.598,4	1.458,3	1728	1268	460	2
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	May 20/2003	7,86	620	22	3	3.198,5	477,1	346	322	24	
Arroyo Ganuza después de aljibe.		7,70	840	91	53	2.352,9	1.059,2	754	452	302	

Promedio.	pH	Ce	DQO	DBO	Nt	Pt	ST	STF	STV
	-Log [H+]	□S cm^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	□g L^{-1}	□g L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}	mg L^{-1}
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	7,84	617	24	7	5.965,1	1.330,0	371	341	31
Arroyo Ganuza después de aljibe.	7,76	640	56	28	7.583,8	1.309,2	982	705	277

Analizando estos parámetros con la norma enunciada, (Sende, 2003) encontró que:

- pH: Valores entre los LMPP en los dos puntos.

- Conductividad eléctrica (Ce): Los valores en los dos puntos están debajo del LMPP, sin embargo se resalta un aumento en dos ocasiones de aproximadamente unas 200 unidades en el punto ubicado después de la pasteurizadora con respecto al punto anterior, lo cual evidencia un aumento de este parámetro producto del aporte al agua de esta corriente de materias provenientes de esta instalación.

- DQO: Los valores puntuales en cada uno de los puntos por debajo de este durante dos de los muestreos, exceptuando el realizado en el mes de mayo.

- Relación DBO/DQO: Teniendo en cuenta los valores promedio calculados se encuentra en ambos puntos antes y después entre un 20% y un 50% respectivamente, manifestándose una buena tendencia a la biodegradabilidad.

- Nitrógeno y Fósforo: los valores obtenidos se encuentran por debajo de los LMPP, excepto el resultado obtenido para el nitrógeno en el mes de marzo en el punto ubicado después de la instalación.

- Sólidos: Se observa que la mayor componente es la fija en todos los casos. Con respecto a los sólidos sedimentables se observa un aumento en la composición de los residuales en el punto ubicado después de la pasteurizadora con un valor exactamente igual al LMPP establecido por la normativa.

b) Resultados de las mediciones de variables de campo

Lugar	Fecha	T aire	T agua	pH	CE	OD
		(ºC)	(ºC)	U	(□S cm^{-1})	(mg L^{-1})
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	Ene 25/2003	21,2	18,5	8,02	644	3,76
Arroyo Ganuza después de aljibe.		19,6	23,7	7,63	730	1,56
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	Mar 25/2003	29,4	24,9		603	3,4
Arroyo Ganuza después de aljibe.		29,8	24,8		1962	2,1
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	May 20/2003	26,5	25,6	7,85	636	2,02
Arroyo Ganuza después de aljibe.		27,8	26,5	8,12	780	1,42

Promedio	T aire	T agua	pH	CE	OD
	(ºC)	(ºC)	U	(□S cm^{-1})	(mg L^{-1})
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	25,70	23,00	7,94	627,67	3,06
Arroyo Ganuza después de aljibe.	25,73	25,00	7,88	1.157,33	1,69

Analizando estos parámetros Sende (2003) encontró que:

- Comportamiento normal de la temperatura, sin alteraciones de esta variable durante los muestreos realizados.
- El pH medido in situ no presenta alteraciones, estando dentro de los valores permisibles en todo momento.
- La conductividad eléctrica no presenta alteraciones apreciables en tiempo y espacio, y siempre muy por debajo del LMPP, excepto en el mes de marzo en el punto ubicado después de la pasteurizadora.
- El oxígeno disuelto no presenta signos de depresión severa. Los resultados de las mediciones de oxígeno disuelto realizadas in situ evidencian la disminución de la concentración de este parámetro entre 0.5 mg·L^{-1} y 1.6 mg·L^{-1} en la corriente superficial, aspecto recogido por la normativa que aunque no se viola en este caso, deberá de ser motivo de atención en posteriores muestreos,

c) Resultados de las variables indicadoras de contaminación bacteriológica.

Lugar.	Fecha	CT	CF
		NMP $100mL^{-1}$ H_2O	NMP $100mL^{-1}$ H_2O
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	Mar 25/2003	$1,7 \times 10^5$	3×10^4
Arroyo Ganuza después de aljibe.		3×10^4	3×10^4
Arroyo Ganuza Antes de Aljibe.	May 20/2003	8×10^3	<2
Arroyo Ganuza después de aljibe.		$1,3 \times 10^5$	9×10^5

Analizando los resultados de las variables indicadoras de contaminación bacteriana observamos al igual que el caso anterior una violación de los parámetros de la normativa con respecto a ambas variables, estando ambas en prácticamente todos los muestreos puntuales por encima de los valores LMPP establecidos, y en segundo lugar una componente fecal que puede llegar a ser mayoritaria tanto en el punto ubicado después de la pasteurizadora como en el punto antes de esta entidad, lo que evidencia la presencia de contaminación fecal en estos efluentes, al estar la relación CT/CF en alguno de los casos cercana o superior al 20 %.

INSTITUTO DE CIENCIA ANIMAL. (ICA)

Esta institución no fue objeto de evaluación dentro e las campañas realizadas, no obstante se realizó una caracterización de sus residuales y una evaluación de sus sistemas de tratamiento durante el mes de febrero de 2003, presentando los siguientes resultados. (Sende, 2003)

- Temperatura: No se manifestaron marcadas variaciones horarias ni diarias, independizando el comportamiento de esta variable con el resultado de cualquier actividad que se realiza en la entidad.

- pH: Se observó que los valores se encontraban entre 6,85 y 7,35 Este rango de valores está comprendido dentro del permisible por la norma para el vertimiento y con relación al comportamiento horario y diario sucede similar a la temperatura. No obstante se apreció una ligera tendencia a la disminución del pH a la salida de la planta de tratamiento, motivado por las condiciones anaeróbicas de operación del canal de aireación, que propician la formación de compuestos, principalmente ácidos orgánicos, que pueden disminuir el pH.

- Conductividad eléctrica: Presenta valores elevados muy cercanos al LMPP.

- Oxigeno Disuelto: Se evidenció lo deprimido que entra el residual a la planta de tratamiento. Reportándose solo algunos valores puntuales que sobrepasaron los 2 $mg \cdot L^{-1}$, no estando dentro del comportamiento medio observado. Se evidencia la tendencia a la disminución de esta especie a la salida de la planta. Los malos olores existentes en la planta son el resultado, entre otros aspectos, de estas bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

- DBO y DQO: En todos los horarios los valores de la DQO y la DBO_5 sobrepasaron el valor máximo permitido por la norma para este cuerpo receptor. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto a la salida del sistema corroboran las altas cargas orgánicas que presenta el agua residual al incorporarse al canal de salida al río.

- Sólidos: Pudo apreciarse una elevada concentración de sólidos totales, aunque la norma no precisa exactamente los máximos rangos permitidos para el vertimiento. Los sólidos fijos totales presentan un carácter mayoritario ante los sólidos totales volátiles. Con relación a los sólidos sedimentables la

situación no se presentó favorable. Los valores expresados en $mL \cdot L^{-1}$, sobrepasaron en todas las mediciones los valores máximos.

Los resultados obtenidos a partir de muestras integrales realizadas al residual de la instalación fue el siguiente:

Especies	1er día	2do día	Promedio.
Ce ($\mu S\ cm^{-1}$)	970	1300	1135
pH (- log (H^+))	7.31	7.32	7.315
Sólidos totales ($mg \cdot L^{-1}$)	870	1198	1034
Sólidos fijos totales ($mg \cdot L^{-1}$)	488	376	432
Sólidos volátiles totales ($mg \cdot L^{-1}$)	382	822	602
Sólidos sedimentables ($mg \cdot L^{-1}$)	5	4	4.5
Nitrógeno total ($mg \cdot L^{-1}$)	21.8	22.8	22.3
Fósforo total ($mg \cdot L^{-1}$)	5.05	7.41	6.23
Grasas y aceites ($mg \cdot L^{-1}$)	2.09	0.94	1.51
Coliformes fecales (NMP 100 mL^{-1} H2O)	5.00E+06	-	
Coliformes totales(NMP 100 mL^{-1} H2O)	5.00E+06	-	
Demanda química de oxígeno ($mg \cdot L^{-1}$)	430	672	551
Demanda bioquímica de oxígeno ($mg \cdot L^{-1}$)	183	384	283.5
Biodegradabilidad	0.42	0.57	0.495

El estudio encontró valores por encima del LMPP para ambos días de muestreo las variables DQO, DBO_5, Nt y Pt. Además, encontró que hay una elevada presencia de variables microbiológicas, constituyendo un factor de riesgo para la proliferación de enfermedades, principalmente en el entorno cercano al vertimiento en el cuerpo receptor. Puede notarse que la totalidad de los coliformes corresponde con coliformes fecales.

El estudio determino además, las cargas aportadas en función de las principales variables de contaminación.

Lugar	kg Nt d^{-1}	Kg Pt d^{-1}	kg DQO d^{-1}	kg DBO d^{-1}
Salida PTR 1er día	10,68	2,47	211	90
Salida PTR 2do día	10,50	3,43	311	177

Puede notarse que los valores de carga diarios son altos, además que este tipo de residuales aporta gran cantidad de nutrientes, consecuencias que se reflejan directamente en las aguas del embalse Pedroso.

En cuanto a la evaluación de la planta de tratamiento de esta instalación, el estudio encontró:

- Baja eficiencia del sistema en general, reflejada en los bajos porcentajes de remoción hallados, encontrando incluso variables y horarios en que no existió remoción alguna.

- Los Aireadores que son de paletas se encuentran en muy mal estado de funcionamiento provocando que el lodo depositado en el canal se mezcle con la corriente de agua.

- Presencia de zonas muertas dentro del canal provocando malos olores en el mismo debido a la descomposición anaerobia del lodo depositado.

- Mal funcionamiento del tanque Imhoff, con una remoción de sólidos sedimentables muy baja y en algunos casos nula, existiendo una columna de lodo de 0,80 m, con aireación negativa.

Baja remoción de sólidos totales, dada principalmente por la retención en el tanque de sólidos suspendidos. Esta situación se debe al mal estado del sistema, que se encuentra incluso con derrumbe en uno de sus laterales.

Anexo G. Aparte de la NC 27:1999

VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A LAS AGUAS TERRESTRES Y AL ALCANTARILLADO. ESPECIFICACIONES.

Descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores

A los efectos de esta norma los cuerpos receptores se clasificarán cualitativamente según su uso de la forma siguiente:

Clase (A): Ríos, embalses y zonas hidrogeológicas que se utilizan para la captación de aguas destinadas al abasto público y uso industrial en la elaboración de alimentos. La clasificación comprende a los cuerpos de aguas situados en zonas priorizadas de conservación ecológica.

Clase (B): Ríos, embalses y zonas hidrogeológicas donde se captan aguas para el riego agrícola en especial donde existan cultivos que se consuman crudos, se desarrolla la acuicultura y se realizan actividades recreativas en contacto con el agua, así como cuerpos de agua que se explotan para el uso industrial en procesos que necesitan de requerimientos sobre la calidad del agua. La clasificación comprende los sitios donde existan requerimientos menos severos para la conservación ecológica que los comprendidos en la Clase (A)

Clase (C): Ríos, embalses, zonas hidrogeológicas de menor valor desde el punto de vista del uso como: aguas de navegación, riego con aguas residuales, industrias poco exigentes con respecto a la calidad de las aguas

a utilizar, riego de cultivos tolerantes a la salinidad y al contenido excesivo de nutrientes y otros parámetros

5.2 Los ***parámetros básicos*** que a los efectos de esta norma se han considerado son los que se especifican en la tabla 2.

Tabla 2 Parámetros básicos para las descargas

- pH
- Conductividad eléctrica
- Temperatura
- Grasas y Aceites
- Sólidos sedimentables totales
- Materia flotante
- Oxígeno disuelto
- Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- Nitrógeno total (Kjeldahl)
- Fósforo total
- Coliformes fecales
- Compuestos tóxicos inorgánicos
- Compuestos tóxicos orgánicos

Los parámetros seleccionados no cubren el universo de posibilidades que hoy en día se pueden presentar en descargas individuales o mixtas. En las evaluaciones para casos específicos corresponde al organismo rector de las aguas terrestres señalar, si fuera necesario, otros parámetros a considerar y sus límites máximos permisibles promedio o cargas contaminantes

permisibles, siempre de acuerdo con la clasificación de los cuerpos receptores, su estado sanitario actual y las prioridades para su conservación.

El límite máximo permisible promedio[4] para las concentraciones en las descargas de aguas residuales, atendiendo a la clasificación cualitativa de los cuerpos receptores, se brinda en la tabla 3.

[4] Valor de la concentración promedio de un parámetro contaminante que no debe ser excedido por el responsable de la descarga de aguas residuales

Tabla 3. Límites Máximos Permisibles Promedio para las Descargas de Aguas Residuales según la Clasificación del Cuerpo Receptor

		Ríos y Embalses			Acuífero vertimiento en suelo y zona no saturada de 5 m			Acuífero vertimiento directo a la zona saturada		
Parámetros	UM	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)	(A)	(B)	(C)
pH	Unidades	6,5-8,5	6-9	6-9	6-9	6-9	6-10	6-9	6-9	6-10
Conductividad eléctrica	μ S/cm	1 400	2 000	3 500	1 500	2 000	4 000	1 500	2 000	4 000
Temperatura	ºC	40	40	50	40	40	50	40	40	50
Grasas y aceites	mg/L	10	10	30	5	10	30	Ausente	10	20
Materia flotante	-	Ausente	Ausente	-	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-	Ausente
Sólidos Sedimentables Totales	mL/L	1	2	5	1,0	3,0	5,0	0.5	1,0	5,0
DBO_5	mg/L	30	40	60	40	60	100	30	50	100

DQO (Dicromato)	mg/L	70	90	120	90	160	250	70	140	250
Nitrógeno total (Kjd)	mg/L	5	10	20	5	10	15	5	10	15
Fósforo total	mg/L	2	4	10	5	5	10	5	5	10

Las descargas de aguas residuales no podrán producir una disminución del oxígeno disuelto en los cuerpos receptores superficiales de categorías A, B y C, a valores menores de 4, 3 y 2 mg/L, respectivamente.

Las descargas de aguas residuales no podrán producir un aumento de la media geométrica del Número Más Probable de Coliformes Totales y Fecales en 100 mL (NMP/100mL) que supere los valores dados en la tabla 4.

Indicadores de contaminación fecal máxima admisible en los cuerpos receptores según su clasificación cualitativa.

Categoría del cuerpo receptor	NMP/100 mL Coliformes totales	NMP/100 mL Coliformes fecales	Relación CT/CF %
A (superficial)	1 000	200	20 %
A (subterráneo)	100	20	20 %
B (superficial)	5 000	1 000	20 %
B (subterráneo)	250	50	20 %
C (superficial)	(1)	(1)	(1)
C (subterráneo)	(1)	(1)	(1)

(1) El limite lo fijará el organismo rector de las aguas terrestres atendiendo al uso, necesidad de conservación y posible riesgo para la salud.

Ningún vertimiento de aguas residuales efectuado en cuerpos receptores de categorías A y B podrá elevar los tenores de compuestos inorgánicos tóxicos y orgánicos tóxicos a valores superiores a los establecidos en las NC 93-11 y la NC 93-02 como concentraciones máximas admisibles. Las industrias que generen estos tipos de residuales peligrosos serán objeto, de acuerdo con la magnitud de sus descargas, de una evaluación individual específica.

El organismo rector de las aguas terrestres es el encargado de efectuar el control estatal sobre el vertimiento y constatar la veracidad de las informaciones que se generen al respecto.

En todos los casos de evaluación de descargas de aguas residuales el organismo rector de las aguas terrestres tendrá en cuenta el caudal diario de la descarga y las cargas contaminantes que generen cada uno de los parámetros estipulados en la presente norma o de aquellos que se definan al respecto. Las cargas calculadas podrán considerarse como atenuante o agravantes en el dictamen final de las condiciones en que se apruebe el vertimiento.

Los limites máximos permisibles promedios para los parámetros seleccionados que se relacionan en la tabla 3 corresponden a muestreos compuestos proporcionales al caudal de descargas efectuados en días representativos de la generación de las aguas residuales.

Los responsables de las descargas deberán informar al organismo rector de las aguas terrestres de cualquier cambio en sus acciones o procesos, cuando con ello ocasionen modificaciones en las características o en los volúmenes de aquellas aguas residuales que hubieran recibido permisos de vertimiento a un cuerpo receptor.

El dictamen definitivo para conceder un permiso de descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua receptores o conocer si un responsable de una descarga cumple con la presente norma se fundamenta en el cumplimiento de los limites máximos permisibles promedio establecidos o de las condiciones específicas para la descarga exigida por el organismo rector de las aguas terrestres. La gravedad del posible incumplimiento vendrá dado

por el número de parámetros que existan con concentraciones superiores a los normados y por las concentraciones excesivamente por encima de las establecida. El organismo rector de las aguas terrestres, al hacer la evaluación de cada caso, tendrá presente como atenuante la posible dilución inmediata de los residuales en los cuerpos receptores y como agravante los probables efectos negativos que cause la descarga.

Los responsables de las descargas de residuales a los cuerpos receptores, tienen la obligación de realizar la caracterización de éstos mediante los análisis y mediciones correspondientes, con la finalidad de determinar si los parámetros relacionados en las tablas 3 y 4 u otros que hallan sido fijados de acuerdo al enunciado 5.3, cumplen con los Límites Máximos Permisibles Promedio regulados por la presente norma y con las restricciones impuestas en los enunciados 5.5, 5.6 y 5.7.

En los casos en que se compruebe que las descargas afecten directa o indirectamente a actividades acuícolas se aplicará la NC 93-01-105.

Anexo H.

Resumen Fotográfico