



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima Y Ciencias del Mar

**“APLICACIÓN DEL MODELO DE CONTAMINACION
EXAMS EN EMBALSES. CASO DE ESTUDIO: EMBALSE
DE LA ESPOL”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

OCEANÓGRAFO

Presentado por:

IVÁN MARCELO SALTOS ANDRADE

GUAYAQUIL-ECUADOR

2007

DEDICATORIA

A mis Padres y mi Familia por ser mi apoyo y guía, y a todos mis Profesores durante la carrera por sus consejos y enseñanzas.

A G R A D E C I M I E N T O

A DAVID MATAMOROS
Ph.D, Director de Tesis,
por su ayuda y
colaboración para la
realización de este
trabajo y personas que
desinteresadamente
colaboraron conmigo en
la realización de la tesis.

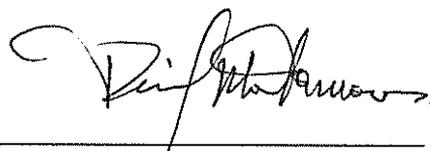
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



José Santos Ph.D
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



M. Sc. Francisco Medina
VOCAL PRINCIPAL

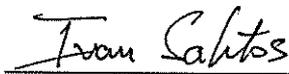


David Matamoros Ph.D
DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, me corresponde exclusivamente: y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



Iván Marcelo Saltos Andrade

R E S U M E N

El uso de una herramienta como es el EXAMS nos permite evaluar el comportamiento de químicos (especialmente pesticidas) de uso muy común dentro del Campus Gustavo Galindo dentro de un ecosistema acuático. Este programa nos permite una rápida identificación de químicos que probablemente impacten un ecosistema como es el caso del Embalse de la ESPOL.

Para realización de las corridas del modelo es necesario definir las rutas de dispersión y de absorción del químico que ingresan al cuerpo de agua, como también la división de los ecosistemas acuáticos en una serie de subsistemas interconectados por procesos de transportación física. El EXAMS posee 3 tipos de análisis sobre las descargas de los contaminantes:

Modo 1 (estado estable); Modo 2 (descargas instantáneas) y Modo 3 (variación estacional). Para realizar este análisis se asumieron cuatro casos de estudios para cuando la cota de embalse es igual a 79 m.s.n.m y para cuando la cota es igual a cota 75 m.s.n.m.

Para el análisis de resultados en modo 1 la distribución del químico en la cabecera del embalse tendremos valores alrededor de 2 (ppb), en el centro del embalse observaremos valores alrededor de 1 (ppb) y en cuerpo de la presa tendremos valores alrededor de 0.8 (ppb). En la zona béntica la mayor acumulación la tenemos en la cabecera, con 16 (mg/kg), esto va disminuyendo en el centro del embalse, con valores de 8.26 (mg/kg) y en el cuerpo de la presa, tenemos valores de 5.46 (mg/kg).

Para el análisis de resultados en modo 1 la concentración total del glifosato en la columna de agua estará en valores de 1.25 ppb disminuyendo a valores de 0.16 ppb después de 24 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 87.20%. Para el caso de los sedimentos el valor inicial de 5.56 mg/kg, disminuye a 0.74 mg/kg al final de 24 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 86.69%.

Para el análisis de resultados en modo 2 vemos que la concentración del glifosato en la columna de agua disminuye de 18.1 ppb hasta 0.5 ppb después de 60 días. A medida que en la

columna de agua descende en los sedimentos vemos incrementar de 1.4 mg/kg a 2.5 mg/kg luego de 2 meses.

Existen muchas limitaciones del modelo lo cual dificulta en parte su manejo y se puede prestar para confusiones entre usuarios. Es necesaria la utilización de comandos para definir una sustancia química, las características del ecosistema, los compartimentos del sitio, la calidad ambiental de los compartimentos, el transporte del contaminante y la dispersión del contaminante.

Un gran limitante para la realización de este trabajo consistió en la falta de información que se posee del embalse de la ESPOL. Muchos de los datos requeridos por el modelo nunca han sido tomados en el embalse de la ESPOL. Con esta tesis, se desea establecer las pautas necesarias para continuar con el monitoreo de esos datos y su posterior uso en el EXAMS como herramienta de manejo de embalses.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XVI
INDICE DE ANEXOS.....	XVIII

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Definición del problema.....	3
1.4 Hipótesis.....	4
1.5 Objetivo General.....	4
1.6 Objetivos Específicos.....	5
1.7 Estructura de la Tesis.....	5

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL LUGAR DE ESTUDIO.....7

2.1 Generalidades.....	7
2.2 Problemas Ambientales detectados en el Campus Gustavo Galindo.....	9
2.3 Topografía.....	10
2.4 Batimetría.....	10
2.5 Meteorología.....	13
2.6 Hidrología.....	16
2.7 Geología.....	26
2.8 Geotecnia.....	29
2.9 Flora y Fauna.....	33

CAPÍTULO 3

EXAMS (EXPOSURE ANALISIS MODELLING SYSTEM)

DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA UTILIZADA.....36

3.1 Introducción.....	36
3.2 Exposición en sistemas acuáticos.....	37

3.3 El programa EXAMS.....	40
3.4 Procesos involucrados en el EXAMS.....	42
3.5 Estrategia de Diseño de EXAMS.....	46
3.6 Comandos Comúnmente Usados para la ejecución del Modelo.....	51
3.7 Principales variables necesarias y obligatorias para definir una sustancia química.....	55
3.8 Principales variables necesarias y obligatorias para definir el Ecosistema Analizado.....	62
3.9 Principales variables necesarias y obligatorias para definir los Compartimentos del sitio Analizado.....	66
3.10 Principales variables necesarias para definir la calidad ambiental de los comportamientos analizados.....	75
3.11 Principales variables necesarias para definir el Transporte del Contaminante.....	81
3.12 Principales variables necesarias para definir la Dispersión del Contaminante.....	83

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN DEL MODELO EXAMS EN EL EMBALSE DE LA

ESPOL.....87

4.1 Metodología y Criterios usados en el Análisis.....87

4.2 Recopilación de Información.....105

4.3 Análisis de Resultados.....123

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....153

5.1 Conclusiones.....153

5.2 Recomendaciones.....160

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I	Resumen de datos de precipitación.....	14
Tabla II	Valores meteorológicos para Guayaquil.....	15
Tabla III	Resumen de áreas por subcuencas.....	20
Tabla IV	Resumen de caudales	25
Tabla V	Divergencias en superficie original de espejo de agua del Embalse ESPOL.....	96
Tabla VI	Valores de Propiedades Físico Químicas del Glifosato....	107
Tabla VII	Datos de Precipitación Usados en el Modelo.....	108
Tabla VIII	Otros Parámetros Climáticos Usados.....	109
Tabla IX	Tipos de segmentos en que se dividió el Embalse.....	110
Tabla X	Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota 79 división en Áreas Iguales.....	111
Tabla XI	Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota 79 divisiones en Volúmenes Iguales.....	112
Tabla XII	Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota 75 divisiones en Áreas Iguales.....	113

Tabla XIII Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota 75 divisiones en Volúmenes Iguales.....	114
Tabla XIV Definición de las Cargas Contaminantes.....	115
Tabla XV Propiedades Físicas de Compartimentos Bénticos.....	116
Tabla XVI Propiedades Físicas Químicas de Compartimentos de la Columna de agua.....	117
Tabla XVII Definición del Proceso Advectivo.....	118
Tabla XVIII Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en Áreas iguales cota 79.....	119
Tabla XIX Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en Volúmenes Iguales cota 79.....	120
Tabla XX Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en Áreas Iguales cota 75.....	121
Tabla XXI Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en Volúmenes Iguales cota 75.....	122
Tabla XXII Identificación de parámetros físicos, químicos y Biológicos.....	158
Tabla XXIII Caracterización de un embalse en base a su clorofila a.....	159
Tabla XXIV Límites permisibles de glifosato por algunas organizaciones mundiales.....	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I	Batimetría del Embalse ESPOL.....	12
Figura II	Implantación de la Subcuenca de drenaje C que alimenta al embalse.....	18
Figura III	Diseño y Numeración de compartimentos para los procesos físicos y químicos	48
Figura IV	Esquema usado en la división por compartimentos del embalse de la ESPOL.....	93
Figura V	Embalse ESPOL al año 2004 en Imagen Satélite de Google Earth (la línea roja representa el nivel original del embalse cota 79).....	94
Figura VI	Embalse ESPOL al año 2004 en Imagen Satélite de Google Earth (la línea roja representa el nivel actual del embalse cota 75).....	95

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico I Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio I Columna de Agua (Áreas Iguales cota 79).....	124
Gráfico II Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio I Sedimentos (Áreas Iguales cota 79).....	126
Gráfico III Concentración Total de Glifosato caso de estudio I en Columna de Agua y Sedimento modo 1 (Áreas Iguales cota 79).....	127
Gráfico IV Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio II Columna de Agua (Volúmenes Iguales cota 79).....	129
Gráfico V Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio II Sedimentos (Volúmenes Iguales cota 79).....	131
Gráfico VI Concentración Total de Glifosato caso de estudio II en Columna de Agua y Sedimento modo 1 (Volúmenes Iguales cota 79).....	132
Gráfico VII Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio III Columna de Agua (Áreas Iguales cota 75).....	134
Gráfico VIII Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio III Sedimentos (Áreas Iguales cota 75).....	136

Gráfico IX	Concentración Total de Glifosato caso de estudio III en Columna de Agua y Sedimento modo 1 (Áreas Iguales cota 75).....	137
Gráfico X	Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio IV Columna de Agua (Volúmenes Iguales cota 75).....	139
Gráfico XI	Distribución de Glifosato en Estado Estable Caso de Estudio IV Sedimentos (Volúmenes Iguales cota 75).....	141
Gráfico XII	Concentración Total de Glifosato caso de estudio IV en Columna de Agua y Sedimento modo 1 (Volúmenes Iguales cota75).....	142
Gráfico XIII	Concentración Total de Glifosato caso de estudio I en Columna de Agua y Sedimento modo 2 (Áreas Iguales cota 79).....	145
Gráfico XIV	Concentración Total de Glifosato caso de estudio II en Columna de Agua y Sedimento modo 2 (Volúmenes Iguales cota 79).....	147
Gráfico XV	Concentración Total de Glifosato caso de estudio III en Columna de Agua y Sedimento modo 2(Áreas Iguales cota 75).....	149
Gráfico XVI	Concentración Total de Glifosato caso de estudio IV en Columna de Agua y Sedimento modo 2 (Volúmenes Iguales cota75).....	151

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A	Implantación de la subcuenca de drenaje que alimenta al embalse de la ESPOL.....	165
Anexo B	Cantidades y tipos de agroquímicos utilizados en la ESPOL.....	167
Anexo C	Mediciones de parámetros realizadas anteriormente en el embalse de la ESPOL.....	170
Anexo D	Líneas de comandos usadas en las diversas corridas del modelo EXAMS para la tesis.....	176
Anexo E	Fotografías del embalse de la ESPOL.....	201

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La represa del Campus Gustavo Galindo de la ESPOL, construida en 1992, tiene 14 metros de profundidad máxima (cota 79 de diseño), con un muro de coronación de 14 metros de ancho. La profundidad del reservorio varía en época seca o lluviosa en un rango de volumen aproximado de 523.325 de m³ (cota 79). La presa esta dotada de un vertedero capaz de desalojar 5.8 m³ por segundo. El agua del embalse se utiliza corrientemente para acuicultura, agricultura y recreación. En ocasiones de fuertes lluvias, el agua se desborda y forma parte del drenaje natural que desemboca en el río Daule.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El uso continuo del recurso agua del embalse, lo expone a deterioro en su calidad, de la cual no se conoce lo suficiente para saber lo que pueda suceder en un mediano o largo plazo. El grado de urbanismo, la actividad agrícola intensiva y la erosión del suelo producen aportes de compuestos químicos y sedimentos en el cuerpo léntico amenazando la calidad del agua mediante la proliferación de algas y otros síntomas de eutroficación y de contaminación. El manejo ambiental de embalses no ha sido una prioridad en el país. Por lo tanto la ESPOL puede contribuir en esta área mediante un uso sustentable del recurso.

El modelo EXAMS (Exposure Analysis Modeling System) evalúa el comportamiento de compuestos químicos en un medio acuático. Identifica de manera rápida como se afecta dicho sistema estableciendo las condiciones de exposición y la carga de absorción de los compuestos contaminantes. El modelo es capaz de evaluar y

establecer una interrelación de los procesos mediante el análisis de las sustancias químicas presentes en el embalse.

Recuperar un cuerpo de agua degradado exige mucho trabajo y recursos económicos. De ahí la importancia de aplicar un modelo como el EXAMS que nos ayude a entender las posibles interacciones que se están produciendo y poder predecir y tomar decisiones con respecto al manejo sostenible que debe desarrollarse.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Se conoce muy poco la calidad del agua existente en el embalse. No existe una línea base del embalse, ni se conoce cómo los procesos físicos, químicos, biológicos y meteorológicos presentes interaccionan entre si y con las descargas que llegan. Estudios anteriores solo han descrito la flora, fauna y demás características pero no han establecido una interrelación entre los procesos mencionados, para saber cuál es el estado o calidad en el agua. Adicionalmente, las actividades que se realizan en las proximidades del embalse descargan sustancias ya sea por vertido directo o por

escurrimiento superficial o por infiltración, y, potencialmente, causando contaminación del mismo.

1.4 HIPÓTESIS

Los tipos de sustancias químicas que se utilizan en las zonas agrícolas de la ESPOL tales como los pesticidas podrían ocasionar el proceso de contaminación del embalse. Los sedimentos que llegan al lago acarrearán elementos o compuestos que pueden alterar la calidad del agua.

1.5 OBJETIVO GENERAL

Dar las pautas de manejo sustentable del embalse de la ESPOL mediante la aplicación de un modelo ambiental basado en criterios físicos, químicos y biológicos de degradación del contaminante.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender los procesos que ocurren actualmente en el embalse relacionados con los criterios de calidad de agua
- Identificar condiciones actuales de parámetros físicos (temperatura, pH, sólidos suspendidos) químicos (Oxígeno disuelto) y biológicos (Biomasa planctónica y bentónica) de la calidad de agua del embalse de la ESPOL.
- Lineamientos para prevenir posibles consecuencias de acciones futuras en lago.
- Aplicación de un modelo de calidad de agua en el embalse.

1.7 ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis esta estructurada de tal modo que el lector pueda tener una idea clara de que hace el modelo propuesto y como se aplica en un caso de estudio.

El capítulo 2 sirve para describir el lugar de estudio por medio de análisis de información meteorológica, topográfica, geológica, geotécnica, hidrología, entre otros, así como cuales son las cuencas que aportan flujos de agua, sedimentos o concentraciones de químicos mediante escorrentía al embalse.

Luego, en el capítulo 3, se presenta un breve análisis descriptivo del funcionamiento del modelo EXAMS. Cuales son sus mecanismos de procesos, transformación y transportación del químico presente. Requerimientos básicos para la obtención de los resultados como es el ingreso de los comandos, las variables y el formato que debe usarse. Adicionalmente, se presenta los tipos de análisis que existen en el modelo.

Finalmente, en el capítulo 4 se detallan las metodologías que se usaron y los valores que se ingresaron en el modelo. Se incluyen las fuentes de información de donde se obtuvieron los parámetros usados. Se puede ver la obtención de resultados que el modelo EXAMS nos produce para las condiciones del embalse con su respectivo análisis.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 GENERALIDADES

El Campus Gustavo Galindo, área de estudio, corresponde a una zona de vida de bosque seco tropical. Está rodeado de cerros del bloque sur de la Cordillera Chongón Colonche. Se encuentra en un área con grandes contrastes socioeconómicos. Mientras que en el límite norte se encuentran asentamientos humanos informales como la Cooperativa Gallegos Lara; por el sector sureste, se encuentran urbanizaciones destinadas a los sectores de recursos económicos medio altos a alto. El Campus Politécnico se encuentra atravesado en su sector norte por la Vía Perimetral, que es una vía rápida destinada básicamente al tránsito pesado y extrapesado (ESPOL 1998).

En el sector sur del Campus, se encuentra el Cerro Azul y otros cerros que alcanzan los 450 m.s.n.m, representando un componente básico en el ecosistema, ya que, amortiguan la velocidad de los vientos provenientes del Océano Pacífico. Estos cerros albergan gran cantidad de especies vegetales típicas del bosque seco tropical, y sirven de albergue a gran variedad de aves, mamíferos y reptiles. Al interior del Campus se encuentra un lago artificial, que provoca la ocurrencia de un microclima, y favorece la formación de asociaciones botánicas de naturaleza hídrica-edáfica, así como el desarrollo de pequeños proyectos agrícolas. El Campus Politécnico tiene 720,37 Ha, distribuidas en dos cuerpos de terreno, el primero de 697.71 Ha al este de la Vía Perimetral y otro de 15.28 Ha al oeste de dicha vía. En esta tesis se considera que la superficie no desarrollada del Campus es de 597.71 Ha (ESPOL 1998).

2.2 PROBLEMAS AMBIENTALES DETECTADOS EN EL CAMPUS GUSTAVO GALINDO

Algunos estudios anteriores mencionan problemas de contaminación por causa del funcionamiento de las instalaciones actuales. Entre los factores de contaminación tenemos el destino de la descarga de aguas servidas, aguas de los laboratorios y los desechos (ESPOL, 1998). Adicionalmente la existencia de ciertas fallas en las alcantarillas de aguas servidas contribuye a la infiltración de contaminantes al lago. Se han venido realizando proyectos de reforestación en el Campus, que afectan la cantidad de sedimentos aportantes al lago por escorrentía. Una gran parte de los terrenos del Campus han sufrido deforestación intensa, a tal punto de que en las áreas donde se han concentrado las investigaciones, prácticamente predomina el rastrojo con casi ninguna presencia de árboles. El área de Bosque Protector de la ESPOL se considera como bosque natural muy intervenido y pasto artificial en aproximadamente 74%, bosque natural medianamente intervenido el 8%; el restante 18% corresponde al área construida (ESPOL, 1998).

2.3 TOPOGRAFÍA

Las características topográficas varían entre las cotas 30m y 450m, aproximadamente, identificándose tres dominios geomorfológicos denominados: alto, medio y bajo. En el plano topográfico, se puede observar el curso general de las quebradas detectadas en el Campus ESPOL (ESPOL 1998).

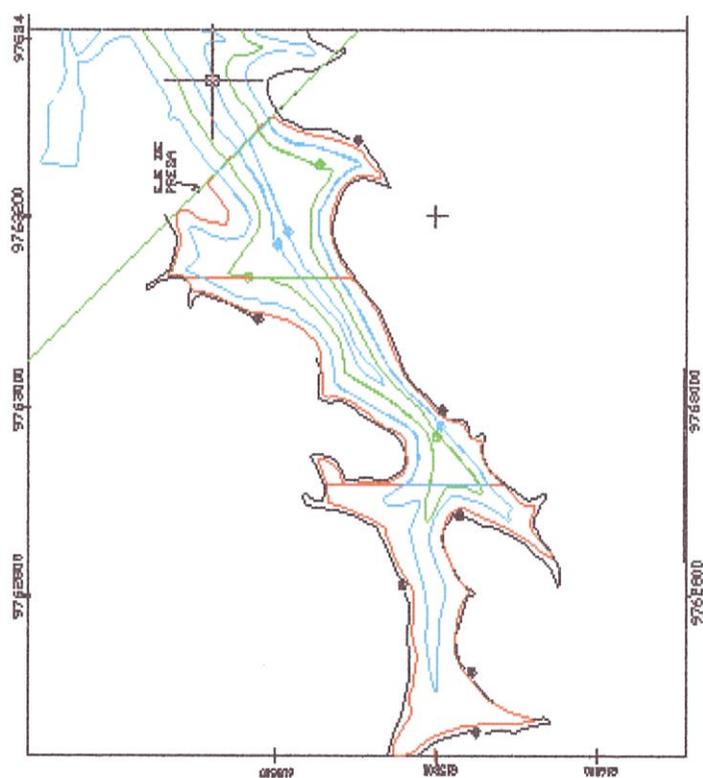
2.4 BATIMETRÍA

Se la realizo de 2 maneras de manera simultanea, la primera de forma manual utilizando un peso y soga debidamente marcada, y la otra forma consistió en la utilización del ecosonda Furuno FCV 600L posicionándose con el GPS (diferencial), ambos perteneciente a la FIMCM. Cabe destacar que el ecosonda es del tipo buscador de banco de peces para botes pequeños y el error obtenido puede ser mayor de ± 50 % para profundidades menores o 2 metros. Se realizaron cinco transectas en las cuales se realizaron tres mediciones. Debido a que el ecosonda no posee una interfase para descargar la información a una computadora, se tomaron estos valores de forma manual. La profundidad máxima que se registro

con el ecosonda fue de 10.1 m y 10.3 m por el método peso soga. Considerando la corona de la presa (cota 80) como referencia; se pudo determinar que no ha habido una acumulación significativamente de sedimentos. Sin embargo, el uso extensivo del agua del embalse ha ocasionado que el nivel del espejo de agua cambie de cota 79 a cota 75.

Figura I

Batimetría del embalse ESPOL



Fuente: Mediciones in situ ESPOL 2006

2.5 METEOROLOGÍA

Con base para este estudio se considera inicialmente el informe de Meteorología de la Presa Daule - Peripa efectuado por el consorcio TAMS-AHÍ-INTEGRAL. Este estudio menciona que el clima de la zona de estudio se clasifica como "Tropical Húmedo y Seco (Sabana) con un período de lluvias único predominante", según Köppen. Revisando el mapa de ubicación de la Red Nacional de Estaciones Meteorológicas del INAMHI, se establece que la estación meteorológica cercana al sitio en mención es la de Guayaquil DAC, ubicada en el aeropuerto Simón Bolívar, a unos pocos kilómetros de distancia, por lo que se considera representativa del mismo. La estación meteorológica de la ESPOL utilizada durante un proyecto poseía registros de datos como precipitación, vientos, entre otros, pero no lo suficientemente amplio en el tiempo de registro de datos requeridos para hacer un análisis, por eso se optó por la utilización de la estación Meteorológica más cercana en este caso la del aeropuerto ya antes mencionada. Esta estación posee una muy buena información en cuanto a calidad y a la extensión de su registro que data desde el año 1915 (ESPOL 1998).

Tabla I**Resumen de datos de precipitación (mm).**

MESES	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIA
ENERO	0	701.3	225.0
FEBRERO	44.5	795.2	292.0
MARZO	6.7	890.5	290.4
ABRIL	5.3	1124	193.7
MAYO	0	621.7	60.8
JUNIO	0	629.9	22.9
JULIO	0	292.5	6.2
AGOSTO	0	18.2	0.7
SEPTIEMBRE	0	58.2	1.7
OCTUBRE	0	89.6	3.6
NOVIEMBRE	0	520.7	10.5
DICIEMBRE	0	772	42.9
AÑO PROMEDIO	329.2	4250.7	1150.4

Fuente: Estación 056 Guayaquil DAC. Desde los años 1915-1997.

La precipitación es útil para la determinación de la cantidad de agua que alimenta al embalse ya que la zona de estudio es la única fuente de producción de escurrimiento. La precipitación media anual registrada es de 1150,4 mm, concentrándose el 87% de la misma en los cuatro primeros meses del año. En épocas de Fenómeno del Niño se han registrado valores anuales iguales o superiores a 4250,7 mm. También se han registrado años muy secos donde se tuvo apenas 413.2 mm (ESPOL 1998). Es

importante mencionar que en vista que la información que usamos como referencia proviene de un lugar alejado del Campus como es el caso de la estación meteorológica DAC 056 del aeropuerto de la ciudad de Guayaquil los valores que esperaríamos serán un poco diferentes, como en el caso de precipitación, según el lugar de este estudio el embalse de la ESPOL, es de esperar que sea mayor a los valores que obtenemos de la estación mencionada. En cuanto a otros parámetros meteorológicos se tiene los siguientes valores anuales:

Tabla II

Valores Meteorológicos anuales para Guayaquil

Temperatura máxima	35.8 °C
Temperatura media	25.0 °C
Temperatura mínima	18.5 °C
Evaporación	1207.50 mm
Humedad relativa	77.5 %
Heliofanía	1562.5 horas
Nubosidad	7 octavos

Fuente: Plan De Manejo Ambiental Del Campus Gustavo Galindo-Espol- 1998

2.6 HIDROLOGÍA

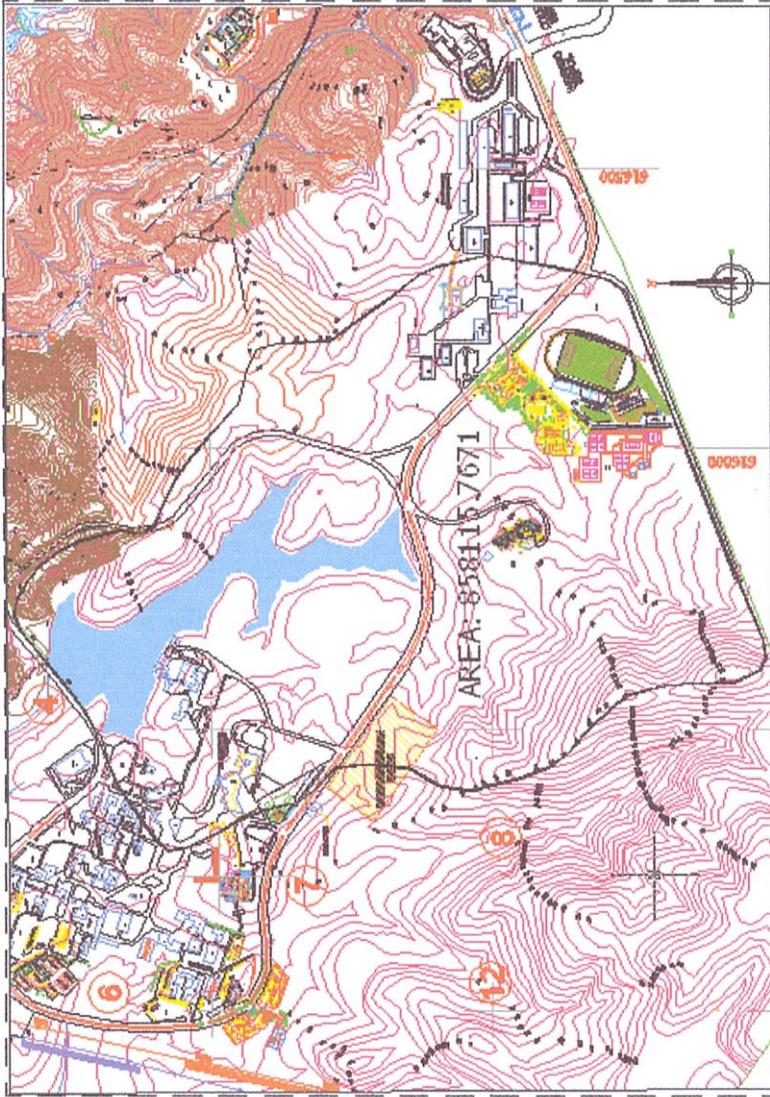
El estudio hidrológico determina que en el Campus Gustavo Galindo existen cinco subcuencas principales, las cuales pueden generar caudales considerables durante los meses lluviosos. Lo que se describe en esta sección se tomo de los estudios de diseño de la presa del embalse de la ESPOL. En el estiaje, la mayoría de quebradas, exceptuando las de dominio geomorfológico alto, se vuelven secas. El análisis hidrológico es fundamental en el proceso del aprovechamiento de los recursos hidráulicos, tales como el manejo y operación de un embalse (ESPOL 1998).

Tomando como base para el estudio el mapa obtenido de la Unidad de Planificación ESPOL (2005) en Autocad, se delimitan las cuencas de drenaje del Campus. Los cauces naturales que constituyen el colector principal de cada subcuenca, no tienen una denominación en particular que permita referirse a ellos o a las subcuencas que drenan. Se opta por darle una denominación utilizando las primeras letras del alfabeto. De este modo se tienen, en el sentido de oeste a este, las siguientes subcuencas: A, B, C, D y E (ESPOL

1998). En la figura II, se muestra el plano que presenta la subcuenca C que es objeto de nuestro estudio, puesto que alimenta a la presa de la ESPOL.

FIGURA II

Implantación de la Subcuenca de Drenaje C que alimenta al embalse de la ESPOL.



Fuente: Plan De Manejo Ambiental Del Campus Gustavo Galindo-ESPOL- 1998 (mapa Planificación-ESPOL 2005)

Todas las subcuencas drenan en el sentido sur-norte. Las cuencas A, B, C continúan de largo, mientras que la D gira hacia el este juntándose con el drenaje de la E aún dentro del predio de la ESPOL y continuando a través de la Vía Perimetral hacia la Prosperina. Existen además dos pequeñas áreas que no se consideran de importancia debido a su tamaño, las que se denominan F y G.

La cuenca F drena directamente hacia la Prosperina a través de la Vía Perimetral; mientras que la cuenca G, que comprende gran parte del área de Tecnologías, drena hacia el sur. La tabla III muestra el resumen de las áreas de cuencas hidrográficas presentes en el Campus Gustavo Galindo (ESPOL 1998).

Tabla III

Resumen de áreas por subcuencas

Sub-cuenca	Área no desarrollada (Ha)	Área desarrollada (Ha)	Área Lago (Ha)	Área Total (Ha)
A	40.072	---	---	40.07
B	188.581	18.698	---	207.28
C	56.886	42.974	6.806	106.66
D	112.318	---	---	112.32
E	116.743	---	---	116.74
			TOTAL	583.07

Fuente: Plan de Manejo Ambiental del Campus Gustavo Galindo ESPOL (1998)

Debido a que estas cuencas no están controladas, no es posible contar con valores registrados de caudales. Sin embargo se pueden usar relaciones lluvia - escurrimiento. En consecuencia, la única forma de obtener gastos o caudales es mediante este último procedimiento. Disponiendo de la información de intensidades de

lluvia para diferentes frecuencias, es posible estimar los caudales correspondientes.

SELECCIÓN DEL METODO DE ANÁLISIS

La selección del método para obtener caudales mediante relaciones lluvia - escurrimiento, depende del tipo de información disponible, referente a lluvia, caudal, área de la cuenca, etc. Uno de los mejores métodos constituye el hidrograma unitario mediante el cual se obtiene no sólo el caudal máximo o pico sino una distribución en el tiempo del gasto. En razón de la extensión de las subcuencas del campus, es suficiente la utilización del Método Racional para la estimación de los caudales pico para diferentes frecuencias (ESPOL 1998).

METODO RACIONAL

Es un método empírico y es muy popular en el mundo entero debido a su simplicidad. Sin embargo, su utilización puede llevar a

errores de gran magnitud si no se toman en cuenta todas las limitaciones del mismo. El método se basa en la ecuación:

$$q_p = CiA$$

donde:

q_p = Caudal máximo para una intensidad de lluvia de una frecuencia dada, en litros / seg.

C = Coeficiente de escorrentía (rango 0 a 1), representa las condiciones de la cuenca.

i = Intensidad de la lluvia para la frecuencia dada y de duración igual al tiempo de concentración, en litros/seg/Ha.

A = Área de la cuenca, en Ha.

Cuando la intensidad de la lluvia esta dada en mm/hora, la ecuación anterior se transforma en

$$q_p = 2,78 CiA$$

Una de las principales limitaciones del método está relacionado con el tamaño del área de drenaje, ya que sólo es aplicable para cuencas pequeñas que no superen las 500 Has. En este caso es perfectamente válida su aplicación, ya que el tamaño máximo que se tiene es de 207.28 Has. La limitación anterior tiene que ver con

la duración de la lluvia, que se puede considerar igual al tiempo de concentración, y eso sólo tiene lugar en cuencas pequeñas donde se supone que toda la lluvia es uniforme. El Tiempo de Concentración (T_c) puede estimarse con fórmulas empíricas como siendo la más confiable, en base a la experiencia, la fórmula denominada de California, y que está dada por la siguiente expresión.

$$T_c = 0,0195 (L^3 / H)^{0,385}$$

donde:

T_c = Tiempo de concentración, en minutos.

L = Longitud del cauce principal desde el punto más remoto de la cuenca hasta el sitio en cuestión, en metros.

H = Diferencia de elevación, en metros.

El Coeficiente de Escorrentía (C) es una constante que varía teóricamente entre 0 y 1 y su determinación es función de la pendiente, del grado de permeabilidad y de la cobertura o uso del suelo de la cuenca. Cuando se dispone de datos sobre tormentas y crecientes resultantes, es posible obtener valores directos de C . Sin embargo eso no siempre es posible, por lo que hay que recurrir a tablas que se encuentren disponibles en la bibliografía respectiva,

que es lo que se ha efectuado en este trabajo. En todo caso se requiere mucho cuidado en su cuantificación, procurando darle el peso adecuado a cada variable. Cuando una cuenca no posee una cobertura homogénea es preciso determinar un valor de C como promedio ponderado.

DETERMINACIÓN DE CAUDALES PARA LAS DIFERENTES SUBCUENCAS

Considerando que el presente trabajo está orientado a manejar mejor el recurso se ha estimado conveniente una cuantificación del mismo en los puntos de cierre de las diferentes subcuencas. La forma de presentación, referida a diferentes frecuencias, tiene como objeto dar una visión acerca de la disponibilidad con relación a los diferentes usos que puede tener, particularmente en lo que tiene que ver con el diseño de algunas obras. Considerando esto se han obtenido los caudales para las diferentes subcuencas en los sitios señalados bajo las condiciones actuales de uso del suelo. (Ver tabla IV).

Tabla IV

**Resumen de Caudales (P.r = período de retorno
25 años)**

	C	i (mm/hora)	Q (m³/seg) - P.r. 25 años
A	0.453	154.0	7.771
B	0.456	85.0	22.334
C	0.590	86.0	15.046
D	0.415	114.0	14.772
E	0.388	135.0	14.945

Fuente: Plan de Manejo Ambiental del Campus Gustavo Galindo
ESPOL (1998)

2.7 GEOLOGÍA

Existen dos formaciones geológicas en el área de influencia del embalse: la formación Cayo que se conoce como Cayo SS y la otra denominada Guayaquil Chert. Estas litologías dan como resultado la existencia de tres diferentes tipos de estratos. Dentro del punto de vista geotécnico se han definido sobre la base de los parámetros, cuatro tipos de terrenos, que presentan características cuantificables (ESPOL 1998). Geomorfológicamente, el área del Campus presenta tres rangos de relieve claramente diferenciados:

- Un rango que comprende el sector situado a partir de la Perimetral y que cubre unas 200 ha. Se caracteriza por varias colinas, algunas de ellas adyacentes y cuyas alturas no superan los 80 m.s.n.m. Estas colinas tienen perfiles suaves, con vertientes de baja pendiente, alineadas al rumbo de los estratos de las unidades litológicas existentes.
- Otro rango se ubica en el sector central del Campus, cuyas colinas alcanzan los 180 m.s.n.m. Las colinas son alargadas, con pendientes suaves a ligeramente pronunciadas, debido a la

resistencia mecánica de los estratos rocosos que afloran en dicho sector.

- El tercer rango comprende el sector Oeste del Campus, se desarrolla desde los 180 m.s.n.m. hasta los 450 m.s.n.m. En esta unidad se aprecian colinas altas con pendientes pronunciadas a muy pronunciadas. En superficie de base de este dominio se han formado depósitos coluviales que tienen en general una pendiente ligeramente pronunciada. En este dominio de pendientes se encuentran pequeños encañonados por los que circulan corrientes de agua con saltos hidráulicos.

Desde el punto de vista geológico, se presenta la siguiente litología:

- a) Terrenos rocosos: Se considera que las variaciones litológicas o grupos de estratos que se encuentran en el Campus pertenecen a la formación sedimentaria Cayo, de edad cretácica, y son las siguientes:
 - ❖ Microbrechas, areniscas de grano grueso y lutitas (Miembro cayo SS).
 - ❖ Areniscas de grano fino, estratos algo silicificados de lutitas y limolitas (transición Miembro Cayo SS y Guayaquil Chert).

- ❖ Lutitas muy silicificadas constituyendo chert, areniscas y limolitas bien silicificadas (Miembro Guayaquil Chert).

b) Depósitos de suelo:

- ❖ Suelos limo arcillosos con clastos, irregularmente acumulados, suelos coluviales.
- ❖ Arcillas negras aluviales.

La estructura geológica de todo el campus constituye un homoclinal. Los estratos tienen un rumbo Noroeste - Sureste. La inclinación perpendicular al rumbo está dirigida hacia el Sur variando entre 12° y 20° . La estratificación es siempre contraria a la pendiente del terreno. En el sector estudiado se encuentran fallas transversales a la dirección general de la cordillera. Existen tres familias de fracturas y son las siguientes:

F1: NS/ 90°

F2: N/ 75° E/ $85^\circ - 90^\circ$

F3: N 60° W/ 90°

2.8 GEOTECNIA

De acuerdo a los estudios geotécnicos anteriores, se pudo determinar cuatro tipos de terrenos, diferenciados por sus propiedades físicas y comportamiento geomecánico (ESPOL 1998).

TERRENO TIPO "A"

Constituidos por estratos rocosos de la formación Cayo (Miembro Cayo S.S.) que se encuentran ubicados entre la Vía Perimetral y el límite del área construida. Predominan las microbrecha y las areniscas de grano grueso, teniéndose también paquetes de estratos de lutitas que se intercalan entre los primeros antes mencionados. Las propiedades geomecánicas de este tipo de material son:

- **Peso volumétrico seco**, en promedio ponderado 2 Ton/m³.
- **Peso volumétrico saturado**, en promedio ponderado 2.2 Ton/m³.
- **Cohesión**, en promedio ponderado 60 Ton/m².

- **Angulo de fricción interna**, en promedio ponderado 29°.

En condiciones naturales, se puede observar un espesor de meteorización que fluctúa entre 0.3 y 1.0 metro. Esto da como resultado suelos arcillo-limo arenosos; y, en algunos sectores, arcillas finas bien plásticas y expansivas ($\text{exp.} = > 10 \text{ ton/m}^2$).

TERRENO TIPO "B"

Son paquetes de estratos rocosos de la Formación Cayo (Miembro Cayo S.S. y Miembro Guayaquil Chert) ubicados desde el área desarrollada del Campus hasta los linderos norte y sur del Campus. En este sector predominan los estratos rocosos silicificados duros de lutitas, limolitas y areniscas de grano fino. Sin embargo, se constata que existe una capa de meteorización que fluctúa entre 0.15 y 0.60 metros de espesor, la misma que ha estado sometida a un proceso de erosión.

Esta capa meteorizada tiene en sus capas superficiales arcillas finas que estuvieron estabilizadas cuando existía vegetación natural. La

deforestación ha dado lugar a que volúmenes importantes de estos suelos arcillosos hallan sido erosionados y transportados por el agua hacia las partes más bajas del Campus. Las propiedades geomecánicas de los estratos rocosos de este sector, son en promedio ponderado, las siguientes:

- **Peso volumétrico seco**, en promedio ponderado 2.2 Ton/m³.
- **Peso volumétrico saturado**, en promedio ponderado 2.3 Ton/m³.
- **Cohesión**, en promedio ponderado 120 Ton/m².
- **Angulo de fricción interna**, en promedio ponderado 31°.

TERRENO TIPO "C"

Son suelos coluviales depositados mediante la acumulación de materiales sueltos y movilizados en masa por efectos de la erosión y deslizamientos de tierra. Se trata de depósitos de suelos con alta heterogeneidad en donde no se puede distinguir capas o depósitos regularmente depositados. Tampoco es posible realizar una

caracterización geotécnica porque presentan una gran dispersión de valores en sus propiedades físicas y mecánicas.

TERRENO TIPO "D"

Son las arcillas finas de color negro característico, que se han acumulado en un depósito de más de 25 ha en la parte central del lindero norte de la ESPOL (área ocupada por el CENAE), que es parte de una planicie que se continúa fuera del Campus. El espesor de este depósito arcilloso supera los 4 m.

Las arcillas de aquel sitio son plásticas de consistencia rígida, con un $LP=25\%$, $IP= 55\%$ en promedios ponderados. Tienen un elevado grado de expansión, su esfuerzo expansivo es de más de 10 Ton/m^2 , su peso específico es de un promedio ponderado de 1.68 Ton/m^3 . Son suelos prácticamente impermeables en el sitio y también cuando se compactan. Es importante anotar que el núcleo impermeable de la Presa se construyó con las arcillas de este depósito.

2.9 FLORA Y FAUNA.

De acuerdo con la clasificación Bio - Climática de Holdridge, el área de estudio se encuentra en la zona de vida denominada "bosque seco Tropical", debido tanto a su ubicación geográfica como a sus características climáticas. Sin embargo, encontramos variantes de este tipo de bosque en diversos sectores del Campus Politécnico, debido a factores naturales tales como la conformación del terreno, así como también a la intervención humana (ESPOL 1998).

FLORA

En los sectores norte, noroeste y suroeste, la mayoría de especies vegetales son plantas y árboles de hojas deciduas, caedizas, con marcada influencia del clima en su ciclo floral. Al sur, hacia la parte baja de los cerros, existe una agresiva deforestación, el suelo está cubierto por gramíneas y varias plantas arbustivas y trepadoras. En este sector, se ejecuta un plan de reforestación con árboles de sombra, también se han hecho trochas rompe incendios.

En lo alto de los cerros, existe un bosque muy maduro y con poco nivel de intervención humana, refugio de representantes de la fauna neo-tropical. En este sector se observan árboles emergentes, así como también trepadoras y lianas. Cabe destacar la presencia de epífitas, especialmente del grupo de las bromelias y orquídeas, plantas que logran subsistir debido a la asociación atmosférica que se produce en la zona. Es muy común observar nubes que provocan un aumento de la humedad relativa, especialmente en las horas de la mañana. Sin embargo, se mantiene la fisonomía del bosque seco Tropical.

En las quebradas y en las partes bajas en general, dominan las trepadoras y lianas. Entre los árboles destacan el guasmo, niguito, bototillo, pigio, entre otros. La composición arbustiva es muy desarrollada, formando matorrales impenetrables, refugio de ofidios y saurios. En el embalse destaca la aparición de juncos (plantas acuáticas). En las orillas se observan malváceas, gramíneas y convolvuláceas. La presencia del embalse no influye en su aspecto florística (ESPOL 1998).

FAUNA

Para los estudios de la fauna del Campus, a excepción del grupo de las aves las cuales se reportan por observación directa, debemos remitirnos únicamente a la información proporcionada por los cazadores cuya actividad la desarrollan en sectores montañosos y con mucha vegetación. Se destaca en número los mamíferos roedores, los cuales por su alta prolificidad abundan en el bosque.

Es posible observar, que estos animales son comunes en los sitios donde aún se conservan bosques sin mayor intervención humana, lo cual indica que en los sectores apartados de la zona montañosa del Campus, subsisten grupos importantes de animales, algunos de ellos, casi extintos en la costa ecuatoriana, por lo cual se hace necesaria la ejecución de proyectos de conservación con enfoques más amplios y a largo plazo (ESPOL 1998).

CAPÍTULO 3

EXAMS (EXPOSURE ANALYSIS MODELING SYSTEM):

ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA HERRAMIENTA

UTILIZADA

3.1 INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la industria química ha producido un incremento de efectos al ambiente. En algunos casos los beneficios obtenidos podrían no compensar el costo de daños incidentales a la vida natural. La toxicidad de un químico no indica que los riesgos ambientales asociados con su uso sean inaceptables, sin embargo las dosis pueden ser venenosas. Una evaluación racional del riesgo por uso y disposición de químicos sintéticos debe comenzar con la persistencia y movilidad de los mismos en el ambiente, hasta definir la absorción de la dosis toxicológica.

Exposure Analysis Modeling System (EXAMS) Sistema de Modelaje del Análisis a la Exposición, es una herramienta que nos permite evaluar el comportamiento de químicos sintéticos en el ambiente. EXAMS fue diseñado básicamente para una rápida identificación de químicos orgánicos sintéticos que probablemente impacten negativamente a los sistemas acuáticos. El modelo fue desarrollado por Lawrence A. Burns. (1982), Ecosystem Research Division, Environmental Protection Agency, USA. Esta disponible gratuitamente al público en general en la siguiente dirección Web: <http://www.epa.gov/ceampubl/swater/exams/exams2980406.htm>

3.2 EXPOSICIÓN EN SISTEMAS ACUÁTICOS

Cuando se descarga un contaminante en un sistema acuático, este inicia su transporte en el sistema y se extiende más allá del punto original de descarga. Durante el curso de estos movimientos, los procesos químicos y biológicos transforman los componentes originales en subproductos. Al ser continua la emisión, el sistema receptor adquiere una condición estable. En dicho estado, las

concentraciones de contaminantes están en equilibrio dinámico donde las cargas son balanceadas por los procesos de transformación y transporte.

Después de este análisis, se puede comparar las concentraciones residuales con respecto al peligro potencial para organismos vivos. La comparación es una indicación del riesgo ocasionado por la presencia de un químico en sistemas naturales. Estas concentraciones ambientales esperadas (EEC) o niveles expuestos son un componente de la evaluación de peligro. Las concentraciones ambientales esperadas pueden ser: Agudas – 96 horas y crónicas – 21 días.

PERSISTENCIA

Es el tiempo requerido para la purificación natural del ecosistema después de que termina el vertido del contaminante. Los efectos ecológicos y toxicológicos pueden ser también: de término corto y a largo plazo. Se usan estudios a corto plazo para determinar la concentración que produce un 50% de mortalidad en un análisis

poblacional en períodos de horas. Los estudios a largo plazo examinan los efectos subletales en poblaciones expuestas a concentraciones bajas en períodos extendidos.

Por lo tanto, un EEC estimado se complementa con el valor de persistencia en el ambiente. La noción de persistencia ayuda a valorar el impacto de un contaminante sobre el ambiente, una vez que las descargas cesan (Burns, L. 2004).

DESTINO

La distribución espacial del componente en el ecosistema acuático se la determina mediante segmentación en diferentes ecosistemas simples. EXAMS reporta un EEC separado para cada compartimento usado para definir el sistema. La importancia de cada proceso puede determinarse del porcentaje de cargas contaminantes consumidas por el proceso, y de cual proceso de transformación es dominante en el sistema.

3.3 EL PROGRAMA EXAMS

Evalúa el destino, transporte y exposición de concentración de químicos orgánicos sintéticos. Enlaza las propiedades fundamentales de las sustancias químicas con los parámetros limnológicos que controlan la cinética de los ecosistemas acuáticos. El modelo es más una herramienta de evaluación que de predicción. Nos permite obtener entre muchas cosas las variaciones mensuales de los parámetros de interés, interacción de hasta 5 sustancias químicas, análisis de hasta 100 segmentos ambientales interconectados e interacción con modelos tales como:

- PRZM (transporte terrestre pesticidas)
- FGETS (bioacumulación en peces)
- BASS (modelo de bioacumulación)

EXAMS es un modelo más mecánico que empírico, ya que se usan ecuaciones teóricas para sus procesos. Es un modelo determinístico en lugar de estocástico, ya que para un juego establecido de entradas siempre se producirá el mismo tipo de respuesta.

ANÁLISIS DE SENSITIVIDAD Y EVALUACION DE ERRORES

La estimación de las proporciones involucradas de contaminante depende de la precisión con que se defina el sistema, así como de las propiedades del químico utilizadas para poder tener una visión total de las interacciones que afectan al proceso. Todas las combinaciones de cambios de parámetros tendrían que ser simuladas.

El análisis de sensibilidad de ecosistemas involucra la determinación de respuestas a preguntas cruciales que definen la evaluación del riesgo:

- ¿Son los datos químicos suficientemente exactos y precisos como para soportar un análisis del riesgo que traen consigo las descargas químicas en el ambiente?
- ¿Cuál proceso es dominante en el ecosistema más sensible?

EXAMS genera 2 tablas de salida que indican la importancia relativa de cada proceso. El primero es un perfil cinético, que da una lista de compartimento a compartimento con todos los procesos en

función del tiempo. El segundo es una tabulación del estado estable global del destino del compuesto dando una lista del porcentaje de carga consumida por cada uno de los procesos de transportación y transformación. Cuando la base de datos para este proceso dominante no es adecuada, la respuesta obvia a la pregunta original es que la base de datos aún no soporta un análisis de riesgo (Burns, L. 2004).

3.4 PROCESOS INVOLUCRADOS EN EL EXAMS

Las cargas, transporte y transformaciones de un componente son combinados en ecuaciones diferenciales usando la ley de conservación de masas como un principio contable (Burns, L. 2004). Esta ley contabiliza todos los compuestos que ingresan y salen como la suma algebraica de:

- 1.- Cargas externas.
- 2.- Procesos de transporte exportando el compuesto fuera del sistema.
- 3.- Procesos de transformación dentro del sistema que degrada el compuesto a sus productos derivados.

Las ecuaciones fundamentales del modelo describen la proporción de cambio en concentraciones químicas como un balance entre incrementos debido a las cargas y decrecimientos debido a procesos de transformación.

IONIZACIÓN Y ABSORCIÓN DE CONTAMINANTE

La ionización de ácidos orgánicos y bases, completado con carbón orgánico disuelto (DOC) y absorción del componente con sedimentos y biota, son tratados como propiedades termodinámicas que alteran la operación de procesos cinéticos. EXAMS permite los tratamientos simultáneos de más de 28 especies moleculares de un químico. El programa calcula la concentración total del compuesto que está presente en cada uno de las 28 estructuras moleculares (la distribución de coeficientes) (Burns, L. 2004).

PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE CONTAMINANTES

EXAMS calcula la cinética de transformaciones atribuidas a fotólisis, hidrólisis, biólisis directas y reacciones de oxidación. La información química para dichas reacciones puede ingresarse como valores que definen la constante proporcional en función de temperaturas ambientales.

La hidrólisis alcalina del compuesto es tratada a partir de dos variables de computación KBH y EBH. Cuando EBH es cero, el programa interpreta KBH como la constante proporcional de segundo orden. Cuando EBH no es cero, EBH se interpreta como la activación de energía de la reacción y KBH se reinterpreta como un factor pre-exponencial (frecuencia). Este aproximado hace posible una primera aproximación de reactividad fotoquímica, pero descuida los efectos de cambios en la calidad espectral, calidad de la luz solar con profundidad que va incrementándose en un cuerpo de agua (Burns, L. 2004).

EXAMS estima la transformación de químicos en la columna de agua y en los sedimentos del fondo del sistema como funciones

totalmente separadas. Este acercamiento es una validación demostrada para al menos algunos procesos de biólisis y provee de un mínimo de medios semiempíricos para saber distinguir entre ecosistemas eutróficos y oligotróficos.

Las reacciones de oxidación se calculan a partir de los datos químicos y el total de concentraciones ambientales de especies reactivas oxidantes corregidas para la extinción de luz ultravioleta en la columna de agua. Las oxidaciones a causa de oxígeno simple se calculan por reactividad química. El oxígeno simple se estima como una función de concentración de DOC, tensión de oxígeno e intensidad de la luz.

PROCESOS DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

El proceso de transporte interno y exportación de un químico ocurre en EXAMS vía movimiento advectivo y dispersivo de materiales disueltos, sedimento y por pérdidas por volatilización en la interfaz aire-agua. Provee un conjunto de vectores (JFRAD, etc.) que especifica la ubicación y fuerza de ambas formas de transporte;

advectivo y dispersivo. A partir de esto se calcula el balance de agua usando las informaciones hidrológicas provistas a EXAMS como parte de la definición de cada compartimiento del ecosistema evaluado.

La dispersión es calculada a partir de variables como la longitud o distancia de dispersión (CHARL), área transversal que se opone al movimiento de dispersión (XSTUR) y coeficiente de dispersión (DSP). EXAMS puede calcular el transporte de químicos sintéticos, sedimentos suspendidos, intercambios con volumen fijo de sedimentos, infiltraciones, transporte a través de termoclina de un lago, pérdidas en vertientes, etc (Burns, L. 2004).

3.5 ESTRATEGIA DE DISEÑO EXAMS.

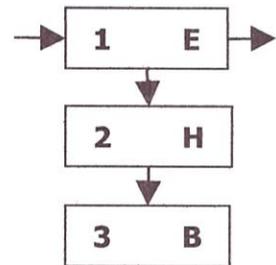
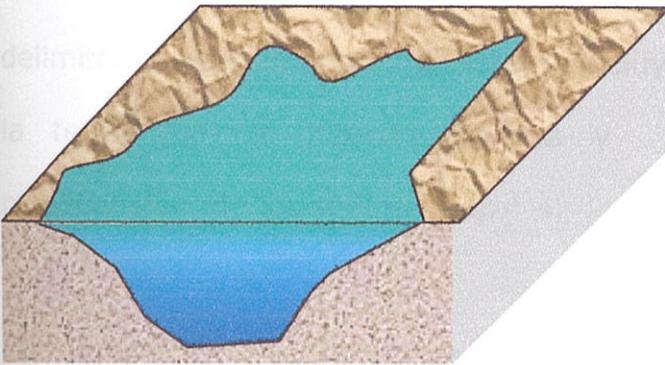
El concepto adoptado por EXAMS define ecosistemas acuáticos como una serie de subsistemas distintos interconectados por procesos de transportación físicos más que químicos; dentro, a través y fuera del ecosistema. Estos subsistemas incluyen el Epilimnium (E) e Hypolimnium (H) en lagos, Zonas Litorales (L) en ríos y Sedimentos Bénticos (B). El primer compartimento (en

contacto con el aire) debe ser E en caso de los lagos o L en caso de los ríos. Cada compartimento se deberá numerar en orden ascendente con la profundidad. En un arreglo vertical, el último compartimento deberá ser siempre de tipo B. Los arreglos verticales de compartimentos se interconectarán en la dirección de las direcciones de flujo (Ver Figura III).

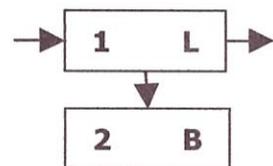
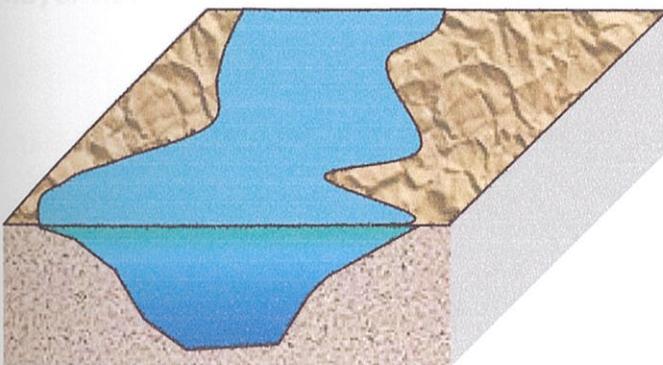
Figura III

Diseño y Numeración de Compartimentos para los procesos físicos y químicos

LAGOS



RIOS



En el modelo los compartimentos no deben ser tan largos para que los gradientes internos tengan un mayor efecto en la proporción de estimada de la transformación del compuesto. Se asume que los compartimentos deben ser bien mezclados. Esto es, los procesos de reacción no son retardados por demoras en la transportación del compuesto de zonas menos reactivas a más reactivas en el volumen unitario. Los límites físicos que puedan usarse para delimitar compartimentos del sistema incluyen la interfaz agua-aire, la termoclina, la interfaz béntica y la profundidad de la resuspensión de los sedimentos.

La irradiación se distribuye exponencialmente a través de la columna de agua y la volatilización ocurre solamente en la interfaz aire-agua. La proporción de estas transformaciones podría sobreestimarse en lagos, a no ser que dicho lago sea subdividido en un mayor número de segmentos.

TIPOS DE ANALISIS DEL EXAMS

Cuando un químico orgánico es descargado dentro de un ecosistema acuático, los procesos de transporte y transformación comienzan a actuar en él. El modelo EXAMS puede ejecutar tres diferentes tipos de análisis sobre las descargas de contaminantes evaluados:

- Modo 1: estado estable
- Modo 2: descargas instantáneas (pulsos)
- Modo 3: variación estacional (mensual)

CONSIDERACIONES BASICAS DEL MODELO

El EXAMS evalúa las consecuencias de largo plazo de cargas químicas que finalmente producen contaminación a nivel de trazas. EXAMS genera un estado estable, flujo promedio (a largo plazo o mensual) para el ecosistema. Cabe señalar que un flujo estable no es siempre apropiado para evaluar la extensión y decadencia de una entrada de tipo derrame.

Otras suposiciones del modelo involucran que el químico no cambia radicalmente por sí mismo las variables ambientales que conduce sus transformaciones. EXAMS usa isotermas lineales de absorción y expresiones de segundo orden para biotransformaciones cinéticas. EXAMS aborta cualquier análisis cuando cualquier especie disuelta excede el 50% de su solubilidad acuosa. Este refrenamiento incidentalmente permite al programa ignorar la precipitación del compuesto de la solución y evita entradas de partículas sólidas del químico. La absorción es tratada como una propiedad termodinámica de cada segmento del sistema.

3.6 COMANDOS COMUNMENTE USADOS PARA LA EJECUCION DEL MODELO

COMANDO CATALOG

Este comando muestra la base de datos existente en la memoria permanente (UDB). Al ejecutarlo es necesario seleccionar las siguientes opciones:

- CHEMICAL (lista de químicos predefinidos)

- ENVIRONMENT (lista de ecosistemas predefinidos)
- LOAD (lista de cargas de contaminantes)
- PRODUCT (lista de compuestos derivados de las reacciones a partir de la sustancia original)

COMANDO RECALL

Sirve para preparar los datos de la memoria permanente (UDB) para ser usados en un análisis específico. El formato del comando es:

RECALL *tipodato* #UDB

- *tipodato*: ENVIRONMENT, CHEMICAL, LOAD ó PRODUCT
- #UDB: posición que tiene el tipo de dato requerido en la base de datos permanente

COMANDO SHOW

Sirve para mostrar los valores previamente asignados a las diversas variables o parámetros de interés en la base de datos permanente.

El formato del comando es:

SHOW *Opción*

- *Opción*: comando que designa que parámetro mostrar (ADVECTION, CHEMISTRY, DISPERSION, GEOMETRY, GLOBALS, LOADS, PLOT, PULSE LOADS, PRODUCTS, QUALITY, TIME FRAME, VARIABLES)

COMANDO SET O CHANGE

Los comandos *CHANGE* y *SET* son sinónimos y pueden ser usados indistintamente. Sirve para ingresar valores en las diversas variables a ser usadas en el análisis. El formato del comando es:

CHANGE *Variable* TO *Valor*

SET *Variable* TO *Valor*

- *Variable*: parámetro de análisis en el EXAMS

- *Valor:* Valor numérico o alfanumérico asignado a la variable en el análisis

COMANDO NAME

Este comando se usa para asignar nombres a los grupos de datos nuevos ingresados a la base de datos. Puede ser usado con dos diversos formatos:

NAME *tipodato Nombre*

tipodato NAME IS *Nombre*

- *tipodato:* ENVIRONMENT, CHEMICAL, LOAD ó PRODUCT
- *Nombre:* Hasta 50 caracteres alfanuméricos

COMANDO STORE

Sirve para transferir los datos ingresados de la base de datos temporal (ADB) hacia la base de datos permanente (UDB). El formato del comando es:

STORE *tipodato #ADB* IN *#UDB*

- *tipodato*: ENVIRONMENT, CHEMICAL, LOAD ó PRODUCT
- *#ADB*: Posición del dato en la base temporal de datos
- *#UDB*: Posición del dato que se desea en la base de datos permanente

3.7 PRINCIPALES VARIABLES NECESARIAS Y OBLIGATORIAS PARA DEFINIR UNA SUSTANCIA QUÍMICA

VARIABLE MWT

Esta variable define el peso molecular de la sustancia química en gramos / mol. Es una variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

SET mwt(1) = 169.08

VARIABLE SOL

Establece la solubilidad acuosa de las especies de la sustancia química en mg/l. Es una variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) en 7 especies iónicas (filas) de 5 sustancias químicas (columnas). Ejemplo:

SET sol(1) = 11600

VARIABLE KOW

Con esta variable se puede definir la distribución de un compuesto químico entre la fase orgánica y el agua. Esta variable se usa para determinar cuanta sustancia es absorbida por los organismos acuáticos (bioacumulación). Los rangos varían entre 10^{-3} a 10^7 ($-3 < \log KOW < 7$)

- Sustancias hidrófilas ($\log KOW < 1$)
- Sustancias lipófilas ($\log KOW > 3$)

Teóricamente, esta variable representa la constante de partición octanol – agua:

$$K_{ow} = \frac{C_{agua}}{C_{octanol}}$$

Variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

$$\text{SET } kow(1) = 0.00033$$

VARIABLE VAPR

Esta variable sirve para ingresar la presión de vapor en Torr*. Usada para calcular la constante de la Ley de Henry si es que la variable *HENRY* no tiene valor asignado. Es una variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

$$\text{SET } vapr(1) = 3.751234e-07$$

VARIABLE HENRY

Representa a la constante de la ley de Henry expresado en $\text{atm.m}^3/\text{mol}$. Si la variable *VAPR* tiene valor asignado, no es necesario ingresar el valor de la variable *HENRY*. Variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

$$\text{SET henry}(1) = 1.44\text{e}^{-12}$$

*(1 atm = 760 Torr = 101300 Pa)

VARIABLE MP

Esta variable sirve para ingresar el punto de derretimiento (melting point) en $^{\circ}\text{C}$. Es una variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

$$\text{SET mp}(1) = 184.5$$

VARIABLE KOC

Se usa para definir el coeficiente de partición del contaminante entre la fase sólida y la fase líquida relacionada al contenido orgánico expresado en (mg/kg)/(mg/l). Es una variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

$$\text{SET koc}(1) = 11118$$

VARIABLE AERMET

Esta variable representa el tiempo de vida media de la degradación biológica de la sustancia debido al metabolismo aeróbico del plankton en la columna de agua expresado en días. Es una variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

$$\text{SET aermet}(1) = 63$$

VARIABLE ANAERM

Representa el tiempo de vida media de la degradación biológica de la sustancia debido al metabolismo anaeróbico de la microbiota béntica (lodo) expresado en días. Es una variable matricial que puede almacenar valores reales (decimales) de hasta 5 sustancias químicas. Ejemplo:

$$\text{SET anaerm (1) = 22}$$

VARIABLE KNH

Se usa para ingresar la tasa de degradación de la sustancia debido a hidrólisis expresada en horas^{-1} . es una variable matricial con el siguiente formato:

$$\text{Knh (forma, ión, químico)}$$

Forma	Valor
Acuosa	1
Absorbida por sólidos	2
Disuelta	3

Ion	Valor
Neutro	1
Cationes	2, 3 ó 4
Aniones	5, 6 ó 7

Químico	Valor
Químico 1	1
Químico 2	2
Químico 3	3
Químico 4	4
Químico 5	5

VARIABLE KDP

Esta es la tasa de degradación de la sustancia debido a fotólisis directa expresada en horas^{-1} . Es una variable matricial con el siguiente formato:

K_{dp} (ión, químico)

Ion	Valor
Neutro	1
Cationes	2, 3 ó 4
Aniones	5, 6 ó 7

Químico	Valor
Químico 1	1
Químico 2	2
Químico 3	3
Químico 4	4
Químico 5	5

Tanto la variable KDP como la KNH representan valores que no cambian con el tiempo.

3.8 PRINCIPALES VARIABLES NECESARIAS Y OBLIGATORIAS PARA DEFINIR EL ECOSISTEMA ANALIZADO

VARIABLE RAIN

Establece la precipitación promedio total caída en un mes específico para el sitio evaluado expresada en mm/mes. Es una variable

matricial de 13 elementos (un valor por cada mes del año). Si se tiene el promedio anual, dicho valor se lo asigna al elemento 13

$$\text{SET rain (13)} = 45$$

VARIABLE CLOUD

Esta variable sirve para definir el grado de cobertura promedio mensual del sitio evaluado expresada en un valor de 0 a 10. Al igual que lo anterior, es una variable matricial de 13 elementos (un valor por cada mes del año). Si se tiene el promedio anual, dicho valor se lo asigna al elemento 13

$$\text{SET cloud (13)} = 8$$

VARIABLE LAT

Define la Latitud geográfica del ecosistema evaluado expresado en grados decimales. Cabe señalar que a la latitud sur corresponde a un valor negativo y latitud norte a un valor positivo

$$\text{SET lat} = -2.14$$

VARIABLE LONG

Esta variable se usa para ingresar la longitud geográfica del ecosistema evaluado expresado en grados decimales. A la longitud oeste corresponde a un valor negativo y longitud este a un valor positivo.

SET long = -79.95

VARIABLE RHUM

Establece la humedad relativa promedio mensual del sitio evaluado expresada en % (saturación corresponde al 100%). La humedad relativa deberá corresponder al período de las horas diurnas. Es una variable matricial de 13 elementos (un valor por cada mes del año). Si se tiene el promedio anual, dicho valor se lo asigna al elemento 13

SET rhum (13) = 77.5

VARIABLE ELEV

Esta variable representa la elevación promedio del sitio evaluado por encima del nivel mar (cota topográfica) expresada en metros.

Es una variable con valor único.

SET elev = 79

VARIABLE AIRTY

Sirve para ingresar un carácter alfanumérico que designa al tipo de masa de aire por encima del sitio evaluado. Es una medida de la estabilidad atmosférica. Variable matricial con un valor para cada mes del año que puede ser: R (rural), U (urbano), M (marítimo), T (troposférico).

SET airty (month) = R

month = 1 a 12 ➡ Enero a Diciembre

month = 13 ➡ Promedio anual

3.9 PRINCIPALES VARIABLES NECESARIAS Y OBLIGATORIAS PARA DEFINIR LOS COMPARTIMENTOS DEL SITIO ANALIZADO.

VARIABLE KOUNT

Usada para evaluar el número de compartimentos en que se divide el cuerpo de agua evaluado (máximo 100). El sitio evaluado se divide en segmentos perpendiculares al flujo. Es una variable con valor único. Cada segmento deberá tener como mínimo (Ver Figura II):

- 2 compartimentos (en caso de ríos)
- 3 compartimentos (en caso de lagos)

$$\text{SET kount} = 9$$

VARIABLE TYPE

Esta variable define el tipo de compartimento evaluado (E=Epilimnion, H=Hipolimnion, B=béntico). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT*.

SET type(1) = E

SET type(2) = H

SET type(3) = B

VARIABLE LENGTH

Usada preferiblemente en el análisis de ríos y no de lagos. Sirve para ingresar la longitud correspondiente del segmento analizado expresado en metros. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT*.

SET length(1) = 110

VARIABLE WIDTH

Usada preferiblemente en el análisis de ríos y no de lagos. Sirve para ingresar el ancho promedio de ribera a ribera correspondiente del segmento analizado expresado en metros. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT*.

SET width(1) = 50

VARIABLE XSA

Usada preferiblemente en el análisis de ríos y no de lagos. Sirve para ingresar el área transversal al flujo correspondiente del segmento analizado expresado en m^2 . Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT*.

$$\text{SET xsa}(1) = 25$$
VARIABLE VOL

Sirve para ingresar el volumen correspondiente del segmento analizado expresado en m^3 . Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT*.

$$\text{SET vol}(1) = 25890.6$$
VARIABLE AREA

Sirve para ingresar el área de la parte superior del segmento analizado expresado en m^2 .

- En el caso de segmentos tipo E y L, corresponde al área de contacto en la interfase aire-agua
- En el caso de segmentos tipo H, corresponde al área de la termoclina
- En el caso de segmentos B, corresponde al área superficial del fondo

Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT*.

SET area (2) = 6569.2

VARIABLE DEPTH

Sirve para ingresar la profundidad promedio de cada segmento analizado expresado en metros. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT*

SET depth (1) = 4

VARIABLE STFLO

Sirve para ingresar los caudales puntuales de aporte a los segmentos analizados expresado en m^3/h . (ríos, tributarios, canales). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET stflo (*segmento,month*) = 1

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE STSED

Sirve para ingresar la carga de sedimentos que entran en los afluentes a los segmentos analizados expresado en kg/h . Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET stsed (*segmento,month*) = 1

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE NPSFL

Sirve para ingresar los caudales de escorrentía de aporte a los segmentos analizados expresado en m^3/h (agua escurriéndose por la superficie). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET npsfl (*segmento,month*) = 2000

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE NPSED

Sirve para ingresar las cargas de sedimentos en la escorrentía que entra a los segmentos analizados expresado en kg/h (agua escurriéndose por la superficie). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET npсед (*segmento,month*) = 10

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE SEEPS

Sirve para ingresar el flujo de aguas subterráneas que entra a los segmentos analizados expresado en m³/h. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET seeps (*segmento, month*) = 1

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE SUSED

Sirve para ingresar el contenido de sólidos suspendidos que hay en los segmentos analizados expresados en mg/l. (no aplicable al segmento béntico). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET sused (*segmento, month*) = 9.6

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE WIND

Sirve para ingresar la velocidad promedio del viento a una altura referencial de 10 cm sobre la superficie, expresado en m/s. (aplicable a segmentos superficiales). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET wind (*segmento*, *month*) = 1.32

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE EVAP

Sirve para ingresar la tasa de evaporación mensual en cada segmento, expresado en mm/mes (aplicable a segmentos superficiales). Es una variable matricial que almacena valores por

cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

$$\text{SET evap (segmento, month) = 100.63}$$

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE BULKD

Sirve para ingresar el peso fresco por unidad de volumen del sedimento, expresado en g/cm^3 (Aplicable a segmentos tipo B). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

$$\text{SET bulkd (segmento, month) = 1.28}$$

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE PCTWA

Sirve para ingresar el porcentaje de agua del sedimento con respecto al peso seco (aplicable a segmentos tipo B). Es un valor

siempre superior a 100 (peso fresco/peso seco). Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET *pctwa* (*segmento*, *month*) = 1.2

month = 1 a 12 ⇒ Enero a Diciembre

month = 13 ⇒ Promedio anual

3.10 PRINCIPALES VARIABLES NECESARIAS PARA DEFINIR LA CALIDAD AMBIENTAL DE LOS COMPARTIMENTOS ANALIZADOS

VARIABLE FROC

Sirve para ingresar el contenido de carbón orgánico de los sólidos como fracción del peso seco. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET froc (*segmento, month*) = 0.7

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE PH

Sirve para ingresar el ph de cada segmento. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET ph (*segmento, month*) = 7.8

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE TCEL

Sirve para ingresar la temperatura promedio de cada segmento, expresado en °C. Es una variable matricial que almacena valores

por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

$SET\ tcel\ (segmento,\ month) = 26$

$month = 1\ a\ 12 \Rightarrow$ Enero a Diciembre

$month = 13 \Rightarrow$ Promedio anual

VARIABLE DOC

Sirve para ingresar el carbón orgánico disuelto de cada segmento, expresado en mg/l. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

$SET\ doc\ (segmento,\ month) = 6.34$

$month = 1\ a\ 12 \Rightarrow$ Enero a Diciembre

$month = 13 \Rightarrow$ Promedio anual

VARIABLE BACPL

Sirve para ingresar la densidad poblacional de las comunidades bacterio-planctónicas de cada segmento, expresado en cfu/ml. Es

una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET bacpl (*segmento, month*) = 200

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE PLMAS

Sirve para ingresar la biomasa total planctónica de cada segmento, expresado en mg de peso seco/l. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET plmas (*segmento, month*) = 200

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

VARIABLE DISO2

Sirve para ingresar la concentración de oxígeno disuelto del segmento, expresado en mg/l. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET *diso2* (*segmento*, *month*) = 6.1

month = 1 a 12 ⇒ Enero a Diciembre

month = 13 ⇒ Promedio anual

VARIABLE CHL

Sirve para ingresar la concentración de clorofila más pigmentos clorofílicos del segmento, expresado en mg/l. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET *chl* (*segmento*, *month*) = 3

month = 1 a 12 ⇒ Enero a Diciembre

month = 13 ⇒ Promedio anual

VARIABLE BNBAC

Esta variable define la densidad poblacional de las bacterias bentónicas del segmento, expresado en cfu/100 gramos de sedimento seco. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET bnbac (*segmento*, *month*) = 3

month = 1 a 12 ➡ Enero a Diciembre

month = 13 ➡ Promedio anual

VARIABLE BNMAS

Sirve para ingresar las biomásas bentónicas del segmento, expresado en gramos de peso seco por metro cuadrado. Es una variable matricial que almacena valores por cada segmento definido con la variable *KOUNT* y para cada período de análisis definido por la variable *MONTH*.

SET bnmas (*segmento*, *month*) = 3

month = 1 a 12 ➡ Enero a Diciembre

month = 13 ➡ Promedio anual

3.11 PRINCIPALES VARIABLES NECESARIAS PARA DEFINIR EL TRANSPORTE DEL CONTAMINANTE

VARIABLE JFRAD

Esta variable representa el número del segmento de donde proviene el flujo (generalmente para segmentos superficiales). Cabe señalar que el primero en la lista siempre es el segmento 1. Es una variable ligada a las variables *ITOAD* y *AVPR*. Adicionalmente, es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de transporte entre segmentos. Ejemplo de embalse ESPOL:

$$\text{SET jfrad } (1) = 1$$

Esto significa que para la ruta de transporte #1, el segmento de inicio es el 1

$$\text{SET jfrad } (2) = 4$$
$$\text{SET jfrad } (3) = 7$$

En el ejemplo hay 3 rutas de advección

VARIABLE ITOAD

Con esta variable, se define el número del segmento hacia donde va el flujo (generalmente para segmentos superficiales). El último valor de la lista deberá ser cero para los casos en que hay salida de flujo del sistema. Esta variable está ligada a las variables *JFRAD* y *AVPR*. Adicionalmente, es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de transporte entre segmentos. Ejemplo de embalse ESPOL:

SET itoad (1) = 4

Esto significa que para la ruta de transporte #1, el segmento de descarga es el 4

SET itoad (2) = 7

SET itoad (3) = 0

En el ejemplo hay 3 rutas de advección

VARIABLE ADVPR

Esta variable sirve para ingresar la fracción del flujo que entra a la ruta analizada (valor entre 0 a 1). Es una variable ligada a las

variables *JFRAD* e *ITOAD*. Adicionalmente, es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de transporte entre segmentos. Ejemplo de embalse ESPOL:

$$\text{SET advpr (1) = 1}$$

Esto significa que para la ruta de transporte #1, se transporta el 100% del flujo

$$\text{SET advpr (2) = 1}$$

$$\text{SET advpr (3) = 1}$$

En el ejemplo hay 3 rutas de advección

3.12 PRINCIPALES VARIABLES NECESARIAS PARA DEFINIR LA DISPERSIÓN DEL CONTAMINANTE

VARIABLE JTURB

Con esta variable, se define el número del segmento de donde se inicia la dispersión. Cabe señalar que esta variable esta ligada a las variables *ITURB*, *DSP*, *XSTUR*, y *CHARL*. Es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de dispersión entre segmentos. Ejemplo de embalse ESPOL:

$$\text{SET jturb (1) = 1}$$

Esto significa que para la ruta de dispersión #1, el segmento de inicio es el 1

$$\text{SET jturb (2) = 4}$$

$$\text{SET jturb (3) = 7}$$

En el ejemplo hay 3 rutas de dispersión

VARIABLE ITURB

Sirve para ingresar el número del segmento hacia donde se dirige la dispersión. Esta ligada a las variables *JTURB*, *DSP*, *XSTUR*, y *CHARL*. Es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de dispersión entre segmentos. Ejemplo de embalse ESPOL:

$$\text{SET iturb (1) = 2}$$

Esto significa que para la ruta de dispersión #1, el segmento final es el 2

$$\text{SET iturb (2) = 5}$$

$$\text{SET iturb (3) = 8}$$

En el ejemplo hay 3 rutas de dispersión

VARIABLE XSTUR

Define la sección transversal que se opone al movimiento de dispersión, expresado en m^2 . Esta ligada a las variables *JTURB*, *ITURB*, *DSP* y *CHARL*. Es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de dispersión entre segmentos.

Ejemplo de embalse ESPOL:

$$\text{SET xstur (1) = 25890.6}$$

VARIABLE CHARL

Define la longitud de mezclado entre rutas de dispersión, expresado en metros. Generalmente corresponde a la distancia que une los puntos centrales de los segmentos conectados por la ruta de dispersión. Es una variable ligada a las variables *JTURB*, *ITURB*, *DSP* y *XSTUR*. Es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de dispersión entre segmentos. Ejemplo de

embalse ESPOL:

$$\text{SET charl (1) = 4.38}$$

VARIABLE DSP

Corresponde al coeficiente de dispersión, expresado en m^2/h . Esta ligada a las variables *JTURB*, *ITURB*, *CHARL* y *XSTUR*. Es una variable matricial que almacena valores por cada ruta definida de dispersión entre segmentos y para cada mes específico del año.

Ejemplo de embalse ESPOL:

$$\text{SET dsp (ruta, month) = 41}$$

month = 1 a 12 ➔ Enero a Diciembre

month = 13 ➔ Promedio anual

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN DEL MODELO EXAMS EN EL EMBALSE DE LA ESPOL

4.1 METODOLOGÍA Y CRITERIOS USADOS EN EL ANÁLISIS

La metodología como parte del proceso de investigación permite sistematizar métodos y técnicas en la solución de un problema. Los métodos son vías que facilitan el descubrimiento de conocimientos seguros y confiables en la solución de dicho (Martínez M. 1999). En el caso de estudio de esta tesis, se comenzó seleccionando el modo de análisis a ser ejecutado:

- El Modo 1 asume que el químico es aplicado homogéneamente durante los 365 días del año pero esto es un valor irreal.
- El Modo 2 asume que todo el químico es colocado en un solo evento (día) que también resulta irreal.
- El Modo 3 asume que el químico colocado en varios eventos durante el año, lo que representa un valor más real.

A continuación, se procedió a seleccionar el químico a ser evaluado. Existen diversas sustancias químicas que son utilizadas en los cultivos y mantenimiento de áreas verdes que se realizan en el Campus Gustavo Galindo (ver anexos). Para el propósito del análisis del modelo se seleccionó aquel que puede guardar mayor relación con el lugar de estudio. El Glifosato es el herbicida comúnmente utilizado para el control de la maleza de los alrededores del embalse de la ESPOL. El Glifosato (N-fosfonometil glicina) es un herbicida post-emergente no selectivo. Su fórmula empírica es $C_3 H_8 NO_5 P$. Las marcas comerciales pueden ser RANGER, GLIFOCOR, GLIFOPAC, entre otros. También es importante mencionar que existen otras fuentes que pueden estar

contribuyendo a la contaminación de la calidad del agua del embalse, como son las fumigaciones que realizan con mochila en el Campus y en los alrededores de la cuenca del embalse, pero no se cuenta con la calidad de información como para cuantificar esa fuente de pesticida.

Otra información usada corresponde a las características topográficas del embalse. La situación ideal para la cual fue diseñado el Embalse del Campus Gustavo Galindo fue la cota 79. Esto ha ido variando dependiendo de estaciones lluviosas fuertes, moderadas o débiles, como también la presencia de eventos de El Niño. Al inicio de la tesis, el embalse presentaba un nivel bajo debido a las escasas lluvias en años anteriores y al uso extensivo del agua para riego de áreas verdes. Es así que, la cota del embalse se ubicó en 75 m.s.n.m. y lógicamente su volumen, área y profundidad difirieron de los valores originalmente diseñados. Adicionalmente, las características del sitio producen condiciones atmosféricas que de acuerdo a la aproximación teórica del modelo seleccionado se considera de tipo rural. Esta condición será utilizada en los cálculos realizados por el EXAMS.

Respecto a la ubicación geográfica del sitio, se considero el baricentro del embalse puesto que no se trata de un embalse de enormes proporciones. La variación en grados decimales resulta mínima. Lógicamente los valores tanto de latitud como de longitud son de signo negativo por encontrarnos en el Hemisferio Sur Occidental, esto son:

- Latitud (grados decimales)= -2.1447
- Longitud (grados decimales)= -79.9585

Respecto a los datos de vientos, los valores usados fueron recopilados de los registros de la estación Meteorológica que existen en la Facultad de Marítima y Ciencias del Mar. Usando la ley de Deacon se obtuvo el valor de 1.32 m/s correspondiente a 0.10 m por encima de la superficie del agua necesario para el ingreso en el modelo.

La humedad relativa fue obtenida del PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO-ESPOL (1998), los cuales nos dan valores anuales para cada una de los parámetros. Los valores corresponden a los promedios mensuales de los registros que datan desde el año 1915 en la estación meteorológica del aeropuerto DAC 056. Igual fuente fue usada para obtener información de evaporación, nubosidad y precipitación. De toda la información climática, se obtuvieron los promedios mensuales para un año promedio en el registro histórico.

En el anexo D se pueden ver los diversos valores usados en las corridas respectivas.

DIVISIÓN DEL EMBALSE EN COMPARTIMENTOS

Para la presente tesis, se decidió dividir el embalse de la ESPOL en 9 compartimentos. La figura III muestra el esquema conceptual de la división. En el mismo grafico, se muestra la numeración y el tipo de compartimento correspondiente, así como las direcciones consideradas de flujo advectivo (flecha sencilla) y las de flujo dispersivo (flechas dobles). La cola del embalse corresponde a los

compartimentos 1, 2 y 3; mientras que el cuerpo de la presa esta en contacto con los compartimentos 7, 8 y 9. Las dimensiones de cada segmento fueron obtenidos de los planos topográficos originales del diseño de la presa del embalse

El límite de profundidad entre E (Epilimnium) H (hipolimnium) es determinado por la termoclina o oxiclina que para el caso del embalse varia entre 4 y 5 metros.

En la división de compartimentos para el caso béntico no se considera una profundidad mayor a 0.10 m debido a que hasta profundidad se considera que actúan bacterias que están degradando el químico.

Figura IV

**Esquema usado en la división de compartimentos del
embalse de la ESPOL**

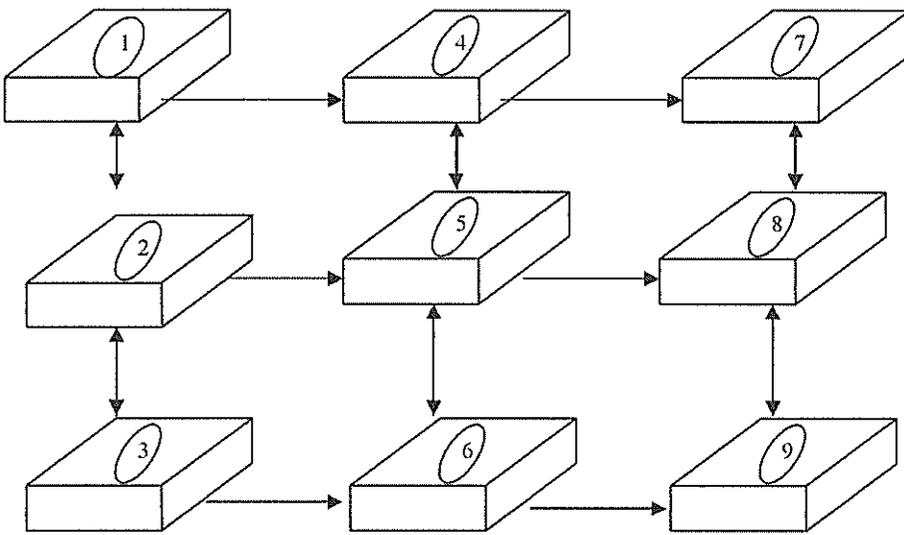


Figura V

Embalse ESPOL al año 2004 en imagen Satélite de Google Earth

La línea roja representa el nivel original del embalse cota 79



Fuente: Google Earth (2006)

Figura VI

Embalse ESPOL al año 2004 en imagen Satélite de Google Earth

La línea roja representa el nivel actual del embalse cota 75



Fuente: Google Earth (2006)

Tabla V

**Divergencias en superficie original de espejo de agua del
Embalse ESPOL**

Fuente	Área
Plan Manejo Ambiental ESPOL (1998)	65565 m ²
Imagen Landsat (23 nov 2004)	54246 m ² (cota 79)
Google Earth (2006)	37330 m ² (cota 75)

Existen divergencias con respecto al área del embalse. El mapa del Plan de manejo Ambiental de la ESPOL (1998) es el documento base utilizado en toda evaluación hecha en la ESPOL. Sin embargo, fue realizado mediante un levantamiento topográfico no corroborado con el uso de imágenes satelitales. Usando otras referencias, se ha podido determinar las divergencias entre los valores de superficie del embalse (Tabla V). Las figuras V, VI son imágenes del embalse ESPOL tomada de Google Earth. La línea roja representaría en las dos figuras el espejo de agua, tanto para la cota 79 (cota máxima que alcanza en épocas de lluvias), como para la cota 75 (época seca octubre del 2006).

DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES AMBIENTALES

Se tomo como referencia datos medidos en años anteriores por el equipo de investigación liderado por el Dr. Fernando Arcos, profesor de la Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar.

Nivel de clorofila a

La medición de clorofila a es una medición indirecta de la biomasa, ya que en el fitoplancton todas las algas fotoautotróficas contienen clorofila a. Por lo general la clorofila constituye entre el 0.5 y el 25 % del peso seco algal. La medición de clorofila a, es un método utilizado para medir la productividad y consiste en la remoción de la clorofila mediante el método de filtración. Este parámetro por lo tanto nos provee de un estimado de densidad de fitoplancton, con el que podría incluso determinarse la biomasa, así como también la producción y la productividad primaria de un medio acuático.

El procedimiento seguido para la determinación de clorofila a es el siguiente:

1. Preparar 100 ml de muestra en un vaso graduado (2 muestras)
2. Armar el equipo de succión o de filtración correctamente
3. Colocar una membrana con mucha precaución
4. Armado el equipo, colocar 1 ml de muestra de solución de carbonato de magnesio con una pipeta sobre toda la superficie de la membrana, sin que queden burbujas.
5. Encender la bomba de succión
6. Colocar la muestra de agua en el embudo y filtrar la misma totalmente.
7. Secar la parte magnética del embudo y tomar la membrana con una pinza. Doblar la misma y ponerla en un tubo de ensayo con 2 ml de solución de acetona al 90% para luego macerar por 2 minutos.
8. En el mismo tubo de ensayo, completar los 10 ml de solución de acetona. Macerar por 30 segundos.
9. Tapar el tubo con algodón y forrarlo con papel aluminio.
10. Poner el tubo en refrigeración, durante 12 horas mínimo
11. Centrifugar la muestra refrigerada y colocar 3 ml de *sobrenadante* en una celda especial, medir la clorofila en el

espectrofotómetro en las longitudes de onda de 630, 645, 665,750) y realizar los cálculos.

Determinación De Oxígeno Disuelto

El oxígeno es el parámetro más importante de un cuerpo de agua. El oxígeno disuelto es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aerobio. Por lo tanto la solubilidad y la distribución del oxígeno en la columna de agua son esenciales para comprender la distribución, el comportamiento y crecimiento fisiológicos de los organismos acuáticos. La determinación de oxígeno disuelto es de limitado valor si la recolección de la muestra no es hecha con todas las precauciones del caso, tal como lo dicta la técnica. Entre otros parámetros que afectan la medición de OD tenemos temperatura, luz solar incidente, población biológica, movimientos del agua. Las muestras de oxígeno disuelto, pueden sufrir una degradación significativa durante la toma de la muestra y durante el proceso de almacenamiento.

Los mecanismos de control de las concentraciones de oxígeno disuelto en los lagos son importantes en relación a su disponibilidad para los seres vivos. No obstante, las dinámicas del metabolismo del oxígeno constituyen solo una de las facetas del contenido de oxígeno de las aguas dulces. Los aportes de oxígeno disuelto procedentes de la atmósfera y de los procesos fotosintéticos, y la distribución hidromecánica del oxígeno, son compensados por el metabolismo de consumo. La proporción de utilización de oxígeno con respecto a su síntesis permiten una evaluación efectiva del metabolismo del lago como un todo.

La distribución resultante del oxígeno influye en gran manera sobre la solubilidad de muchos nutrientes inorgánicos. Los cambios de accesibilidad de nutrientes están regulados por las variaciones estacionales sufridas en las regiones lacustres de un ambiente aerobio o anaerobio. El oxígeno disuelto es la cantidad del mismo que se encuentra disponible en el agua en forma de O_2 , el cual es utilizado para cumplir los requerimientos metabólicos de las especies que habitan en el medio. Las concentraciones de oxígeno se expresan en ppm (partes por millón), es decir, en mg/l, y el grado de solubilidad de oxígeno depende de la temperatura,

salinidad y la presión. La cantidad de oxígeno presente en el agua va a depender también de la concentración de plancton que exista, de la materia orgánica, gases, lluvias, etc.

Entre los factores que originan incremento de oxígeno tenemos:

- exceso de fitoplancton (durante el día)
- incremento de la temperatura

El procedimiento seguido para la determinación de oxígeno disuelto es el siguiente:

1. Colocar una muestra de agua en una botella oscura, lo que permite la obtención de un resultado real de oxígeno disuelto. Por lo tanto al llenar la botella se debe proceder lentamente con la finalidad de evitar totalmente la entrada de aire lo cual contaminaría la muestra. Taparla con mucho cuidado, evitando en todo momento movimientos bruscos que puedan incorporar oxígeno de la atmósfera a la muestra.
2. En un matraz colocar 300 ml de la muestra (deslizar el líquido por las paredes del recipiente lentamente).
3. Agregar 1 ml de solución de sulfato manganoso.

4. Añadir 1 ml de alcali ácido yoduro
5. Cuidadosamente tapar la botella sin que se produzcan burbujas y mezclar varios minutos con la botella invertida.
6. Una vez que se hayan formado el floculado añadir 1 ml de ácido sulfúrico concentrado.
7. Tapar y mezclar cuidadosamente
8. Hacer la corrección de volumen perdido 2 ml.
1ml por alcali yodurito
1 ml por el sulfato manganeso en los 300 ml de la muestra inicial mediante la siguiente formula real.
$$200 \times 300 / 300 - 2 = 201 \text{ ml}$$
9. Realizar la titulación con tiosulfato de sodio 0.025M esperar hasta que cambie a un color pálido en 200 ml de la muestra inicial.
10. Agregar dos gotas de solución de almidón y observar un cambio de coloración (azul).
11. Titular nuevamente con tiosulfato de sodio 0.025M y anotar el volumen usado hasta que la solución cambie a un color amarillo pálido.
12. Anotar los resultados obtenidos

Determinación de la Temperatura

Este parámetro es de vital importancia para mantener el equilibrio ecológico del agua. La temperatura del agua afecta su densidad, viscosidad, la solubilidad de los gases (en particular la del oxígeno) así como a la velocidad de las reacciones químicas y bioquímicas. Las variaciones de temperatura pueden matar algunas especies acuícolas y también favorecer al desarrollo de otras especies. Cada especie solo puede vivir un intervalo de temperatura determinado, fuera del cual esta amenazada con desaparecer.

El procedimiento usado fue el siguiente:

Se tomo la temperatura de todos los compartimentos del embalse, utilizando el termómetro de balde. Esto se lo hizo a diferentes horas para cada segmento con la finalidad de promediar valores.

Determinación del pH

El pH ó logaritmo de la concentración de iones de hidrógeno en el agua expresa la acidez ($\text{pH} < 7$) o alcalinidad ($\text{pH} > 7$). El valor 7 indica un medio neutro. El pH está estrechamente ligado a la temperatura. El intervalo de pH inofensivo para la vida acuática esta en el rango de 5 a 9. Sin embargo, el efecto del pH sobre la biota acuática se puede observar en el balance final de la biodiversidad acuática.

El Procedimiento seguido en la presente tesis fue:

1. Se medio con el medidor digital de pH (una vez calibrado) para cada compartimento diariamente durante un mes.
2. Se hace los análisis respectivos

DETERMINACIÓN DEL TRANSPORTE DEL CONTAMINANTE

Debido a que se esta analizando un cuerpo hídrico léntico (lago), el transporte del contaminante es influenciada principalmente por el

coeficiente de dispersión (DSP) que esta en función del tiempo. A su vez, este parámetro depende si se trata de dispersión en la columna de agua o en sedimentos. Adicionalmente, influyen los factores físicos, químicos y biológicos del agua.

Antes de realizar la corrida del modelo debemos especificar las rutas de dispersión (JTUR, ITUR) numerándolas en forma ascendente desde el lugar de donde ingresa el flujo hacia el cual se dirige o es evacuado. Cada ruta de dispersión debe contar con su respectiva área de dispersión (XSTUR).

4.2 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Hay métodos de recopilación de datos: encuestas, observación, documentación o experimentales. Por ende en los planteamientos teóricos se busca primero los datos validos o adecuados para llegar a un objetivo específico y que estos sean fiables o verdaderos para finalmente hacer un análisis de los resultados obtenidos.

Los valores a ser utilizados en el modelo EXAMS corresponden a diversas fuentes investigadas. A continuación se presentan tablas con los valores utilizados para diversos parámetros requeridos. La razón de listar las tablas a continuación es que el lector pueda replicar personalmente la ejecución del EXAMS usando los valores mostrados.

Valores de Propiedades Físico Químicas del Glifosato

VARIABLE	RANGO	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR USADO	UNIDADES	REFERENCIA
Mwt (1)	169.08-169.10	Peso molecular	169.08	Gramos/mol	Schuette (1998)
Sol (1,1)	11600-12000	Solubilidad	11600	ppm mg/l	Schuette (1998)
Henry (1)	-	Constante de Henry	1.44e ⁻¹²	Atm-m ³ /mol	Schuette (1998)
Kow(1)	-	Coefficiente Octanol-agua	0.00033	-	Schuette (1998)
Mp (1)	184.5-230	Punto de fusión	184.5	Grados Celsius	http://www.inchem.org
Koc(1)	-	Coefficiente de Partición	11118	(mg/kg)/(mg/l)	Schuette (1998)
Aermet (1)	-	DT ₅₀ por metabolismo aeróbico del plankton en la columna de agua	63	Días	Schuette (1998)
Anaerm (1)	-	DT ₅₀ por metabolismo anaeróbico en sedimento	22	Días	Schuette (1998)
Kdp(1,1)	-	Fotolisis	4.18e ⁻⁴	1/horas	European Commission (2002)

Tabla VII**Datos de Precipitación Usados en el Modelo**

VARIABLE	MESES	VALORES (mm/mes)
Rain (1)	Enero	225
Rain (2)	Febrero	292
Rain (3)	Marzo	290.4
Rain (4)	Abril	198.7
Rain (5)	Mayo	60.8
Rain (6)	Junio	22.9
Rain (7)	Julio	6.2
Rain (8)	Agosto	0.7
Rain (9)	Septiembre	1.7
Rain (10)	Octubre	3.6
Rain (11)	Noviembre	10.5
Rain (12)	Diciembre	42.9
Rain (13)	Promedio anual	96.3

Fuente: Estación meteorológica Aeropuerto Simón Bolívar DAC 056 (datos medidos desde 1915).

Tabla VIII

Otros Parámetros Climáticos Usados

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR USADO	UNIDADES
Elev	Cota	79-75	metros
Airty(*)	Tipo de masa de aire	R	-
Lat	Latitud	-2.1447	Grados decimales
Long	Longitud	-79.9585	Grados decimales
Rhum(*)	Humedad Relativa	77.5	Porcentaje
Cloud(*)	Nubosidad	8	Décimas
wind (1, *)	Velocidad de Viento	1.32	m/s
wind (4, *)	Velocidad de Viento	1.32	m/s
wind (7, *)	Velocidad de Viento	1.32	m/s
Evap (1,*)	Evaporación	100.63	mm/mes
Evap (4,*)	Evaporación	100.63	mm/mes
Evap (7,*)	Evaporación	100.63	mm/mes

Fuente: Varias

* sirve para ingresar el mismo valor a todos los elementos de un parámetro específico

Tabla IX**Tipos de segmentos en que se dividió el Embalse**

VARIABLE	VALOR
Type (1)	E
Type (2)	H
Type (3)	B
Type (4)	E
Type (5)	H
Type (6)	B
Type (7)	E
Type (8)	H
Type (9)	B

Tabla X

**Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota
79 división en Áreas Iguales (caso de estudio I)**

VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Area (1)	18082	m ²
Area (2)	8075	m ²
Area (3)	18082	m ²
Area (4)	18082	m ²
Area (5)	14648	m ²
Area (6)	18082	m ²
Area (7)	18082	m ²
Area (8)	14607	m ²
Area (9)	18082	m ²
Depth (1)	4	metros
Depth (2)	5	metros
Depth (3)	0.05	metros
Depth (4)	4	metros
Depth (5)	8	metros
Depth (6)	0.05	metros
Depth (7)	4	metros
Depth (8)	10	metros
Depth (9)	0.05	metros
Vol (1)	72328	m ³
Vol (2)	40375	m ³
Vol (3)	904	m ³
Vol (4)	72328	m ³
Vol (5)	117184	m ³
Vol (6)	904	m ³
Vol (7)	72328	m ³
Vol (8)	146070	m ³
Vol (9)	904	m ³

Fuente: Valores obtenidos de plano topográfico de Plan de Manejo Ambiental ESPOL (1998).

Tabla XI

**Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota
79 división en Volúmenes Iguales (caso de estudio II)**

VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Area (1)	31557	m ²
Area (2)	9327	m ²
Area (3)	31557	m ²
Area (4)	17338	m ²
Area (5)	13028	m ²
Area (6)	17338	m ²
Area (7)	18176	m ²
Area (8)	10083	m ²
Area (9)	18176	m ²
Depth (1)	4	metros
Depth (2)	5	metros
Depth (3)	0.05	metros
Depth (4)	4	metros
Depth (5)	8	metros
Depth (6)	0.05	metros
Depth (7)	4	metros
Depth (8)	10	metros
Depth (9)	0.05	metros
Vol (1)	126228	m ³
Vol (2)	46635	m ³
Vol (3)	1577.85	m ³
Vol (4)	69352	m ³
Vol (5)	104224	m ³
Vol (6)	866.9	m ³
Vol (7)	72704	m ³
Vol (8)	100830	m ³
Vol (9)	908.8	m ³

Fuente: Valores obtenidos de plano topográfico de Plan de Manejo Ambiental ESPOL (1998).

Tabla XII

**Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota
75 división en Áreas Iguales (caso de estudio III)**

VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Area (1)	12443	m ²
Area (2)	4352	m ²
Area (3)	12443	m ²
Area (4)	12443	m ²
Area (5)	7163	m ²
Area (6)	12443	m ²
Area (7)	12443	m ²
Area (8)	8913	m ²
Area (9)	12443	m ²
Depth (1)	4	metros
Depth (2)	4	metros
Depth (3)	0.05	metros
Depth (4)	4	metros
Depth (5)	5	metros
Depth (6)	0.05	metros
Depth (7)	4	metros
Depth (8)	5	metros
Depth (9)	0.05	metros
Vol (1)	49772	m ³
Vol (2)	21760	m ³
Vol (3)	622.15	m ³
Vol (4)	49772	m ³
Vol (5)	42978	m ³
Vol (6)	622.15	m ³
Vol (7)	49772	m ³
Vol (8)	53478	m ³
Vol (9)	622.15	m ³

Fuente: Valores obtenidos de plano topográfico de Plan de Manejo Ambiental ESPOL (1998).

Tabla XIII

Dimensiones de los Compartimentos Evaluados para la Cota

75 división en Volúmenes Iguales (caso de estudio IV)

VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Area (1)	14900	m ²
Area (2)	5661	m ²
Area (3)	14900	m ²
Area (4)	12000	m ²
Area (5)	6878	m ²
Area (6)	12000	m ²
Area (7)	11072	m ²
Area (8)	7630	m ²
Area (9)	11072	m ²
Depth (1)	4	metros
Depth (2)	4	metros
Depth (3)	0.05	metros
Depth (4)	4	metros
Depth (5)	5	metros
Depth (6)	0.05	metros
Depth (7)	4	metros
Depth (8)	5	metros
Depth (9)	0.05	metros
Vol (1)	59600	m ³
Vol (2)	22644	m ³
Vol (3)	745	m ³
Vol (4)	48000	m ³
Vol (5)	34390	m ³
Vol (6)	600	m ³
Vol (7)	44288	m ³
Vol (8)	38150	m ³
Vol (9)	553.6	m ³

Fuente: Valores obtenidos de plano topográfico de Plan de Manejo Ambiental ESPOL (1998).

Tabla XIV

Definición de las Cargas Contaminantes

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Npsld(1,1,*)	Carga no puntual de Químico que ingresa	1.81 e ⁻³	Kg/h
Npsfl (1,*)	Caudal no puntual de que ingresa	659.5	m ³ /h
Npsfl (4,*)	Caudal no puntual de que ingresa	659.5	m ³ /h
Npsfl (7,*)	Caudal no puntual de que ingresa	659.5	m ³ /h
Npsed (1,13)	Carga no puntual de sedimento que ingresa	3.294	Kg/h
Npsed (4,13)	Carga no puntual de sedimento que ingresa	3.294	Kg/h
Npsed (7,13)	Carga no puntual de sedimento que ingresa	3.294	Kg/h
Sused (*,13)	Sólidos Suspendidos	9.6	mg/l

Fuente: Mediciones in-situ y registros históricos hechos por Ing. Chávez.

El valor de npsld es valido solamente para el modo 1 de ejecución

Tabla XV

Propiedades Físicas de Compartimentos Bénticos

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Bulkd (3,13)	Densidad de lodo Béntico	1.28	g/cm ³
Bulkd (6,13)	Densidad de lodo Béntico	1.26	g/cm ³
Bulkd (9,13)	Densidad de lodo Béntico	1.04	g/cm ³
Pctwa (3,13)	Porcentaje de Agua en Sedimento	183	-
Pctwa (6,13)	Porcentaje de Agua en Sedimento	184	-
Pctwa (9,13)	Porcentaje de Agua en Sedimento	194	-

Fuente: Mediciones de campo (2005).

Tabla XVI
Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de
Compartimentos de la Columna de agua

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR	UNIDADES
pH (1,13)	Potencial de Hidrogeno	7.62	-
pH (2,13)	Potencial de Hidrogeno	6.72	-
pH (4,13)	Potencial de Hidrogeno	7.62	-
pH (5,13)	Potencial de Hidrogeno	6.72	-
pH (7,13)	Potencial de Hidrogeno	7.62	-
pH (8,13)	Potencial de Hidrogeno	6.72	-
Tcel (1,13)	Temperatura	26.5	°C
Tcel (2,13)	Temperatura	25.8	°C
Tcel (3,13)	Temperatura	24.7	°C
Tcel (4,13)	Temperatura	26.2	°C
Tcel (5,13)	Temperatura	24.9	°C
Tcel (6,13)	Temperatura	24.7	°C
Tcel (7,13)	Temperatura	26.5	°C
Tcel (8,13)	Temperatura	25	°C
Tcel (9,13)	Temperatura	24.7	°C
Froc (*,13)	Fracción de Carbono Orgánico Disuelto	0.76	Porcentaje
Diso2 (1,13)	Oxigeno Disuelto	6.20	mg/l
Diso2 (2,13)	Oxigeno Disuelto	0.29	mg/l
Diso2 (4,13)	Oxigeno Disuelto	6.20	mg/l
Diso2 (5,13)	Oxigeno Disuelto	0.29	mg/l
Diso2 (7,13)	Oxigeno Disuelto	6.20	mg/l
Diso2 (8,13)	Oxigeno Disuelto	0.29	mg/l
bacpl(*,13)	Población bacteria planctónica	$3.1e^3$	Cfu/ml
plmas(*,13)	Biomasa en columna de agua	0.0164	mg/l
bnbac(*,13)	Población de bacteria bentónica	Ausencia	Cfu/100g
bnmas(*,13)	Biomasa Sedimento	Ausencia	g/m ²
Chl (1,13)	Clorofila	0.023	mg/l
Chl (2,13)	Clorofila	0.032	mg/l
Chl (4,13)	Clorofila	0.023	mg/l
Chl (5,13)	Clorofila	0.032	mg/l
Chl (7,13)	Clorofila	0.023	mg/l
Chl (8,13)	Clorofila	0.032	mg/l

Fuente: Mediciones in-situ y registros históricos hechos por Dr. Arcos.

Tabla XVII

Definición del Proceso Adveectivo

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR
Jfrad(1)	Rutas de Advección	1
Itoad(1)	Rutas de Advección	4
Jfrad(2)	Rutas de Advección	4
Itoad(2)	Rutas de Advección	7
Jfrad(3)	Rutas de Advección	7
Itoad(3)	Rutas de Advección	0
Advpr(1)	Rutas de Advección	1
Advpr(2)	Rutas de Advección	1
Advpr(3)	Rutas de Advección	1

Tabla XVIII

Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en Áreas Iguales cota 79 caso de estudio I

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Jtur (1)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (1)	Rutas de Dispersión	2	-
Jtur (2)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur (2)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur (3)	Rutas de Dispersión	7	-
Itur (3)	Rutas de Dispersión	8	-
Jtur (4)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur (4)	Rutas de Dispersión	3	-
Jtur (5)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur (5)	Rutas de Dispersión	6	-
Jtur (6)	Rutas de Dispersión	8	-
Itur (6)	Rutas de Dispersión	9	-
Jtur (7)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (7)	Rutas de Dispersión	4	-
Jtur (8)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur(8)	Rutas de Dispersión	7	-
Jtur(9)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur(9)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur(10)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur(10)	Rutas de Dispersión	8	-
Xstur (1)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	8075	m2
Xstur (2)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	14648	m2
Xstur (3)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	14607	m2
Xstur (4)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	8075	m2
Xstur (5)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	14648	m2
Xstur (6)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	14607	m2
Xstur (7)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	394	m2
Xstur (8)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	292	m2
Xstur (9)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	302	m2
Xstur (10)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	315	m2
Charl (1)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,5	metros
Charl (2)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	6	metros
Charl (3)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	7	metros
Charl (4)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,525	metros
Charl (5)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,025	metros
Charl (6)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	5,025	metros
Charl (7)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	170	metros
Charl(8)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	170	metros
Charl(9)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	150	metros
Charl (10)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	170	metros
Dsp (1,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (2,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (3,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (4,13)	Coefficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (5,13)	Coefficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (6,13)	Coefficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (7,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (8,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (9,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (10,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora

Tabla XIX

**Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en
Volúmenes Iguales cota 79 caso de estudio II**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Jtur (1)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (1)	Rutas de Dispersión	2	-
Jtur (2)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur (2)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur (3)	Rutas de Dispersión	7	-
Itur (3)	Rutas de Dispersión	8	-
Jtur (4)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur (4)	Rutas de Dispersión	3	-
Jtur (5)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur (5)	Rutas de Dispersión	6	-
Jtur (6)	Rutas de Dispersión	8	-
Itur (6)	Rutas de Dispersión	9	-
Jtur (7)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (7)	Rutas de Dispersión	4	-
Jtur (8)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur(8)	Rutas de Dispersión	7	-
Jtur(9)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur(9)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur(10)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur(10)	Rutas de Dispersión	8	-
Xstur (1)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	9327	m2
Xstur (2)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	13028	m2
Xstur (3)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	10083	m2
Xstur (4)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	9327	m2
Xstur (5)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	13028	m2
Xstur (6)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	10083	m2
Xstur (7)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	394	m2
Xstur (8)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	292	m2
Xstur (9)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	302	m2
Xstur (10)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	315	m2
Charl (1)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,5	metros
Charl (2)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	6	metros
Charl (3)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	7	metros
Charl (4)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,525	metros
Charl (5)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,025	metros
Charl (6)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	5,025	metros
Charl (7)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	170	metros
Charl(8)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	170	metros
Charl(9)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	150	metros
Charl (10)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	170	metros
Dsp (1,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (2,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (3,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (4,13)	Coefficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (5,13)	Coefficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (6,13)	Coefficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (7,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (8,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (9,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp(10,13)	Coefficiente de Dispersión	41	m2/hora

Tabla XX

**Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en
Áreas Iguales cota 75 caso de estudio III**

VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Jtur (1)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (1)	Rutas de Dispersión	2	-
Jtur (2)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur (2)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur (3)	Rutas de Dispersión	7	-
Itur (3)	Rutas de Dispersión	8	-
Jtur (4)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur (4)	Rutas de Dispersión	3	-
Jtur (5)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur (5)	Rutas de Dispersión	6	-
Jtur (6)	Rutas de Dispersión	8	-
Itur (6)	Rutas de Dispersión	9	-
Jtur (7)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (7)	Rutas de Dispersión	4	-
Jtur (8)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur (8)	Rutas de Dispersión	7	-
Jtur(9)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur(9)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur(10)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur(10)	Rutas de Dispersión	8	-
Xstur (1)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	4352,12	m2
Xstur (2)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	7163,33	m2
Xstur (3)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	8913	m2
Xstur (4)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	4352,12	m2
Xstur (5)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	7163,33	m2
Xstur (6)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	8913	m2
Xstur (7)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	180,5	m2
Xstur (8)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	256,5	m2
Xstur (9)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	216,5	m2
Xstur (10)	Area trasversal opuesta al movimiento de dispersión	386,25	m2
Charl (1)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4	metros
Charl (2)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,5	metros
Charl (3)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,5	metros
Charl (4)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,025	metros
Charl (5)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,525	metros
Charl (6)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,525	metros
Charl (7)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	119	metros
Charl(8)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	119	metros
Charl(9)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	75	metros
Charl (10)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	90	metros
Dsp (1,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (2,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (3,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (4,13)	Coficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (5,13)	Coficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (6,13)	Coficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (7,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (8,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (9,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (10,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora

Tabla XXI

Definición del Proceso Dispersivo para división del Embalse en Volúmenes Iguales cota 75 caso de estudio IV

VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	VALOR	UNIDADES
Jtur (1)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (1)	Rutas de Dispersión	2	-
Jtur (2)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur (2)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur (3)	Rutas de Dispersión	7	-
Itur (3)	Rutas de Dispersión	8	-
Jtur (4)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur (4)	Rutas de Dispersión	3	-
Jtur (5)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur (5)	Rutas de Dispersión	6	-
Jtur (6)	Rutas de Dispersión	8	-
Itur (6)	Rutas de Dispersión	9	-
Jtur (7)	Rutas de Dispersión	1	-
Itur (7)	Rutas de Dispersión	4	-
Jtur (8)	Rutas de Dispersión	4	-
Itur(8)	Rutas de Dispersión	7	-
Jtur(9)	Rutas de Dispersión	2	-
Itur(9)	Rutas de Dispersión	5	-
Jtur(10)	Rutas de Dispersión	5	-
Itur(10)	Rutas de Dispersión	8	-
Xstur (1)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	5661	m2
Xstur (2)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	6878	m2
Xstur (3)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	7630	m2
Xstur (4)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	5661	m2
Xstur (5)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	6878	m2
Xstur (6)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	7630	m2
Xstur (7)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	186	m2
Xstur (8)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	249	m2
Xstur (9)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	226	m2
Xstur (10)	Area transversal opuesta al movimiento de dispersión	369	m2
Charl (1)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4	metros
Charl (2)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,5	metros
Charl (3)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	4,5	metros
Charl (4)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,025	metros
Charl (5)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,525	metros
Charl (6)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	2,525	metros
Charl (7)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	119	metros
Charl(8)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	119	metros
Charl(9)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	75	metros
Charl (10)	Longitud de mezclado entre rutas de dispersión	90	metros
Dsp (1,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (2,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (3,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (4,13)	Coficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (5,13)	Coficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (6,13)	Coficiente de Dispersión	2.2 e -4	m2/hora
Dsp (7,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (8,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (9,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora
Dsp (10,13)	Coficiente de Dispersión	41	m2/hora

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación se procede en evaluar los resultados obtenidos para cada modo de ejecución.

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN MODO 1

Representa aproximadamente más del 90% de desaparición de la sustancia química en el agua. El tiempo correspondiente a este porcentaje ($t_{>90}$) normalmente se lo conoce como tiempo de Persistencia.

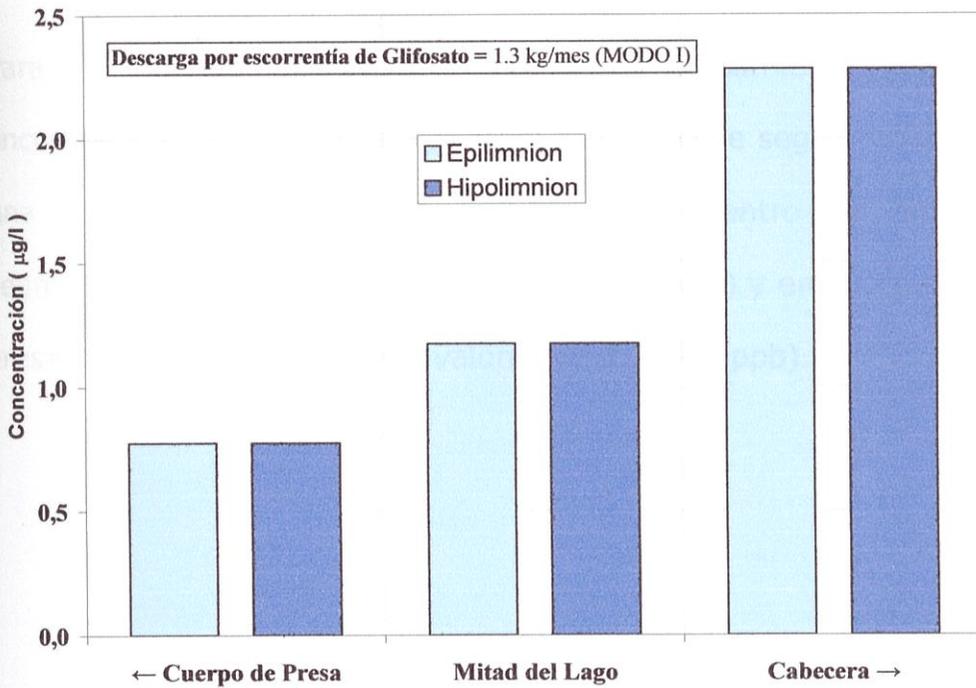
EXAMS únicamente calcula la persistencia en la columna de agua y el sedimento (ecosistema acuático) y esta estimación solo se aplica al modo 1. La persistencia representaría el tiempo en el que el ecosistema acuático se podría considerar limpio una vez que cesa la descarga del contaminante.

Caso de Estudio I: División de la superficie del embalse en zonas iguales (cota 79).

Gráfico I

Distribución de Glifosato en Estado Estable

Caso de Estudio I Columna de Agua (Áreas Iguales cota 79)



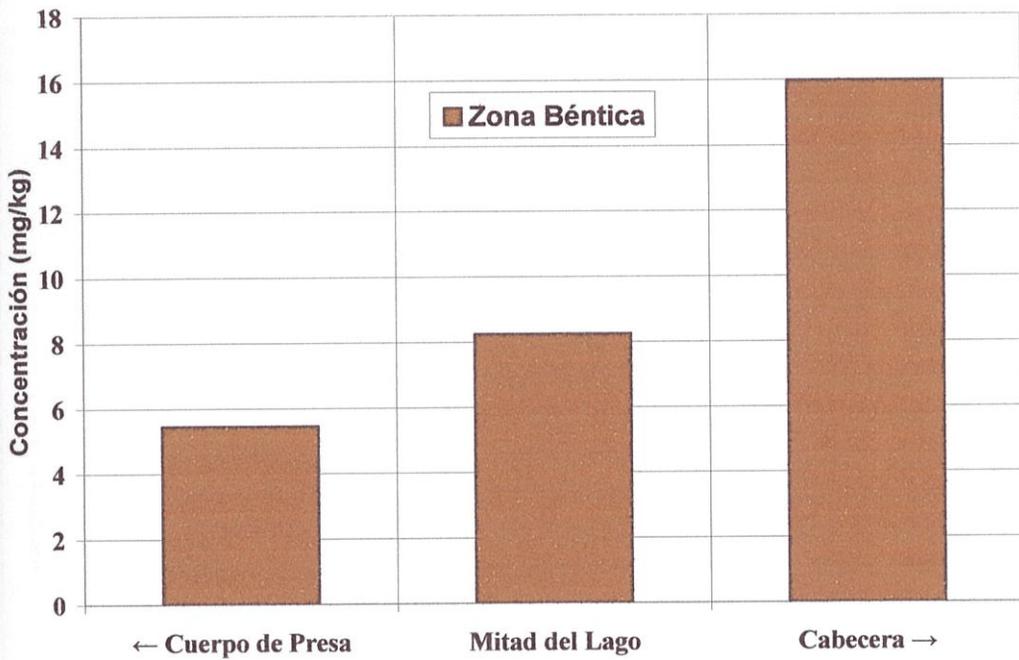
En este gráfico observamos como desciende la concentración o distribución del químico en el Epilimnium desde la cabecera del embalse segmento 1, con una concentración de 2.281 (ppb), en el centro del embalse segmento 4, observamos valores de 1.174 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 7, tenemos valores de 0.7757 (ppb).

Para el Hipolimnium observamos un comportamiento similar y encontramos valores en la cabecera del embalse segmento 2, con una concentración de 2.281 (ppb), en el centro del embalse segmento 5, observamos valores de 1.174 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 8, tenemos valores de 0.7755 (ppb).

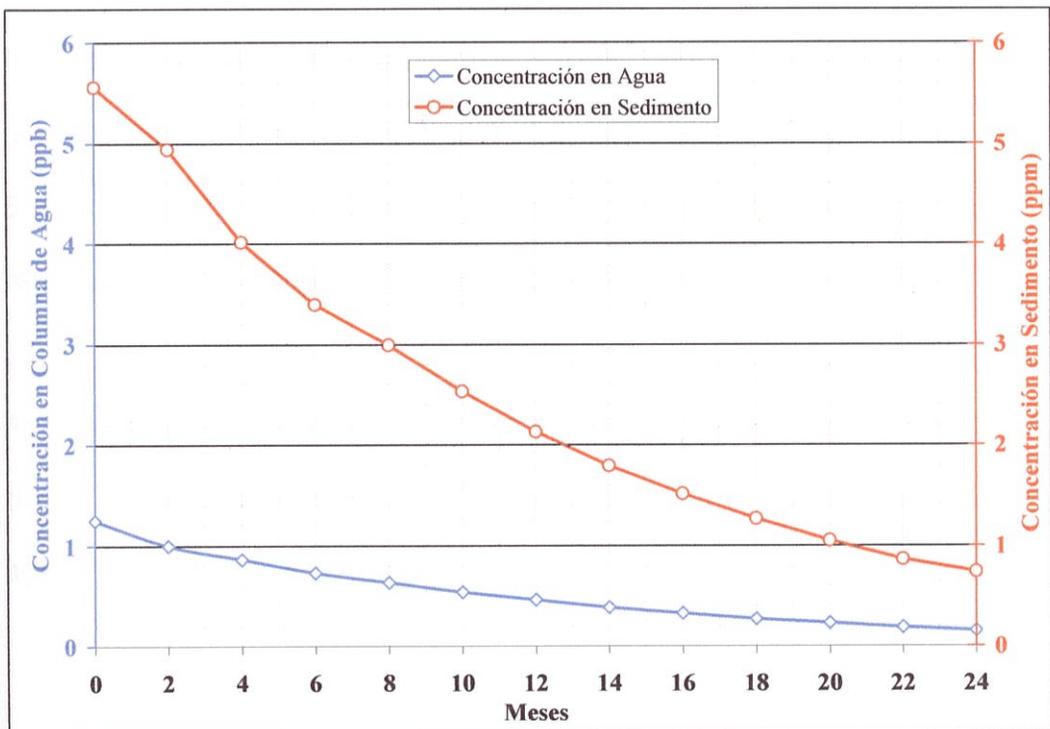
Gráfico II

Distribución de Glifosato en Estado Estable

Caso de Estudio I Sedimentos (Áreas Iguales cota 79)



En este gráfico de la zona béntica que la mayor acumulación la tenemos en la cabecera, segmento 3, con 16 (mg/kg), esto va disminuyendo en el centro del embalse, segmento 6, con valores de 8.26 (mg/kg) y en el cuerpo de la presa, segmento 9, tenemos valores de 5.46 (mg/kg).

Gráfico III**Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio I****Columna de Agua y Sedimento modo1****(Áreas Iguales cota 79)**

En el gráfico III observamos como decrece la concentración del glifosato en la columna de agua de un valor de 1.25 ppb al momento de ingresar al sistema, hasta un valor de 0.16 ppb después de 24 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 87.20%.

Para el caso de los sedimentos (zona béntica del embalse), el decrecimiento de la concentración es más lento. El valor inicial de 5.56 mg/kg, disminuye a 0.74 mg/kg al final de 24 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 86.69%.

Adicionalmente se puede concluir preliminarmente que el glifosato tiende a acumularse mas en el sedimento que en la columna de agua.

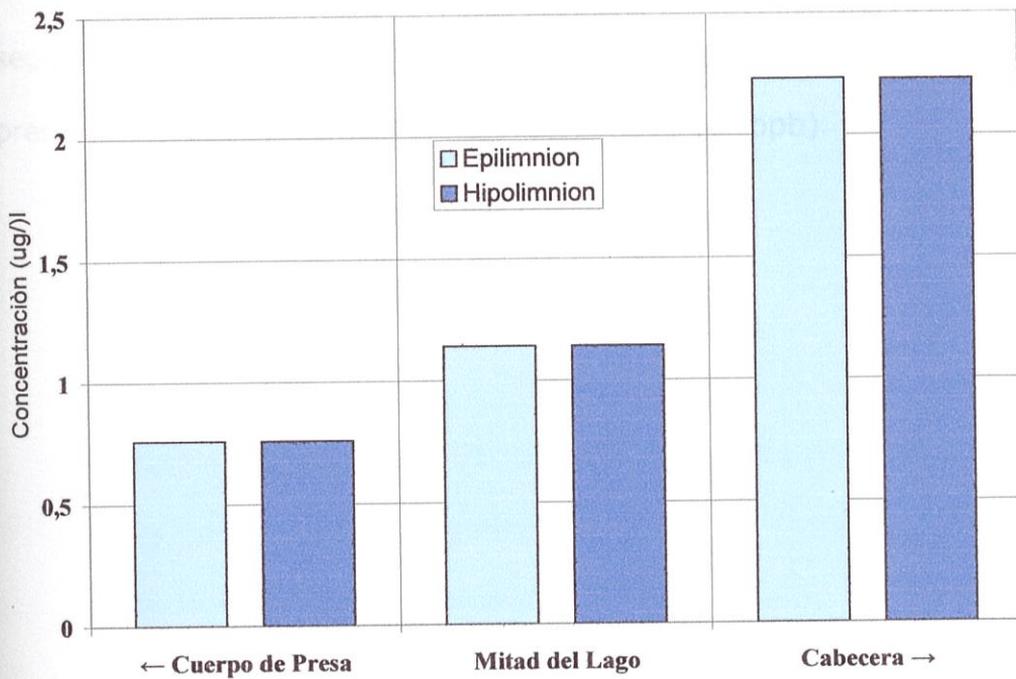
Caso de estudio II: División del volumen total del embalse en 3 partes iguales (cota 79).

Gráfico IV

Distribución de Glifosato en Estado Estable

Caso de Estudio II Columna de Agua

(Áreas Iguales cota 79)



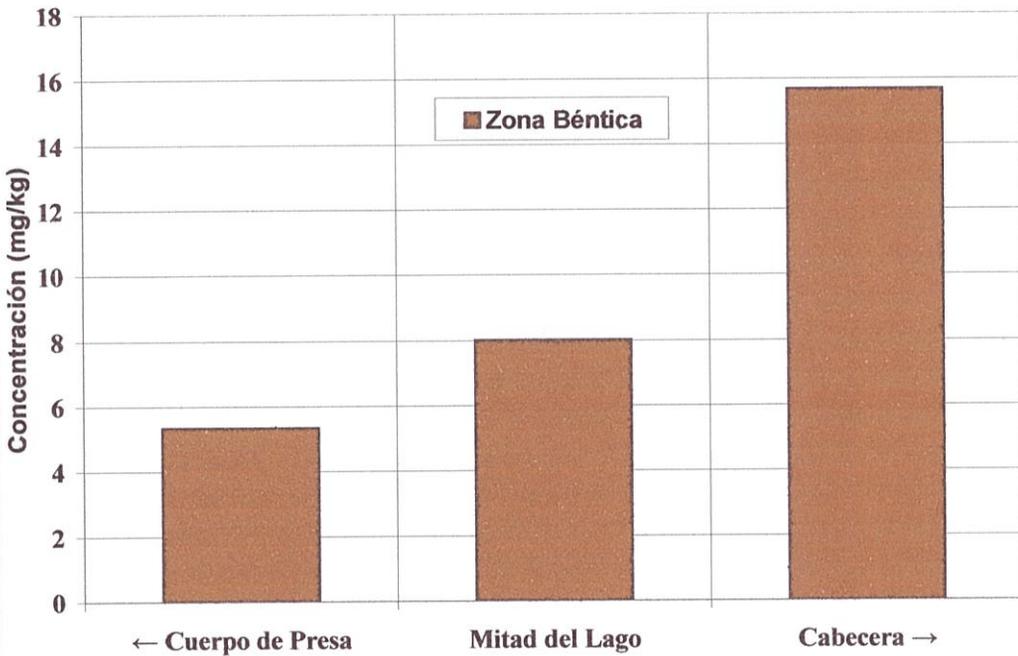
En este gráfico observamos como desciende la concentración en el Epilimnium desde la cabecera del embalse segmento 1, con una concentración de 2.231 (ppb), en el centro del embalse segmento 4, observamos valores de 1.142 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 7, tenemos valores de 0.7608 (ppb)

Para el Hipolimnium observamos un comportamiento similar y encontramos valores en la cabecera del embalse segmento 2, con una concentración de 2.228 (ppb), en el centro del embalse segmento 5, observamos valores de 1.142 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 8, tenemos valores de 0.7608 (ppb).

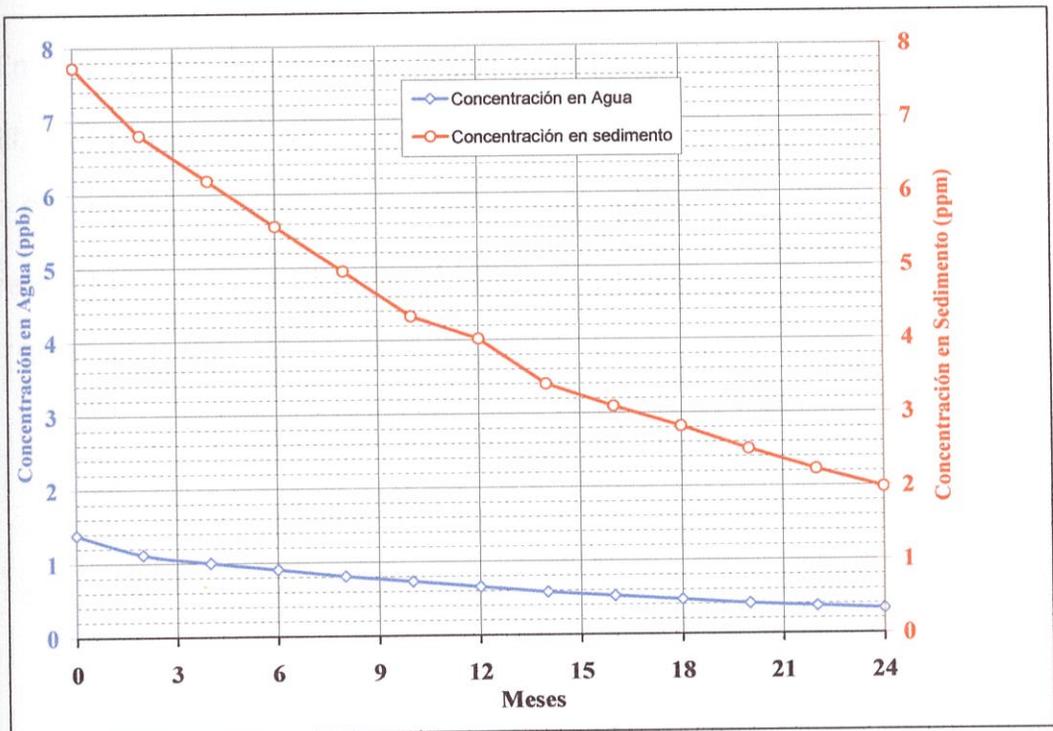
En la columna de agua se observa un descenso brusco desde un valor inicial de 1.38 ppb, a una concentración de 0.33 ppb en un lapso de 24 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 76.09 %.

En caso de los sedimentos, estos tienden a concentrar el glifosato. El decrecimiento es escalonado desde un valor inicial de 7.72 mg/kg hasta 1.98 mg/kg al cabo de 24 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 74.35 %.

(Gráfico VI).

Gráfico V**Distribución de Glifosato en Estado Estable****Caso de Estudio II Sedimentos (Áreas Iguales cota 79)**

En este gráfico de la zona béntica que la mayor acumulación la tenemos en la cabecera, segmento 3, con 15.7 (mg/kg), esto va disminuyendo en el centro del embalse, segmento 6, con valores de 8.03 (mg/kg) y en el cuerpo de la presa, segmento 9, tenemos valores de 5.35 (mg/kg).

Gráfico VI**Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio II****Columna de Agua y Sedimento modo 1****(Volúmenes Iguales cota 79)**

Caso de estudio III: División de la superficie del embalse en 3 áreas iguales (cota 75).

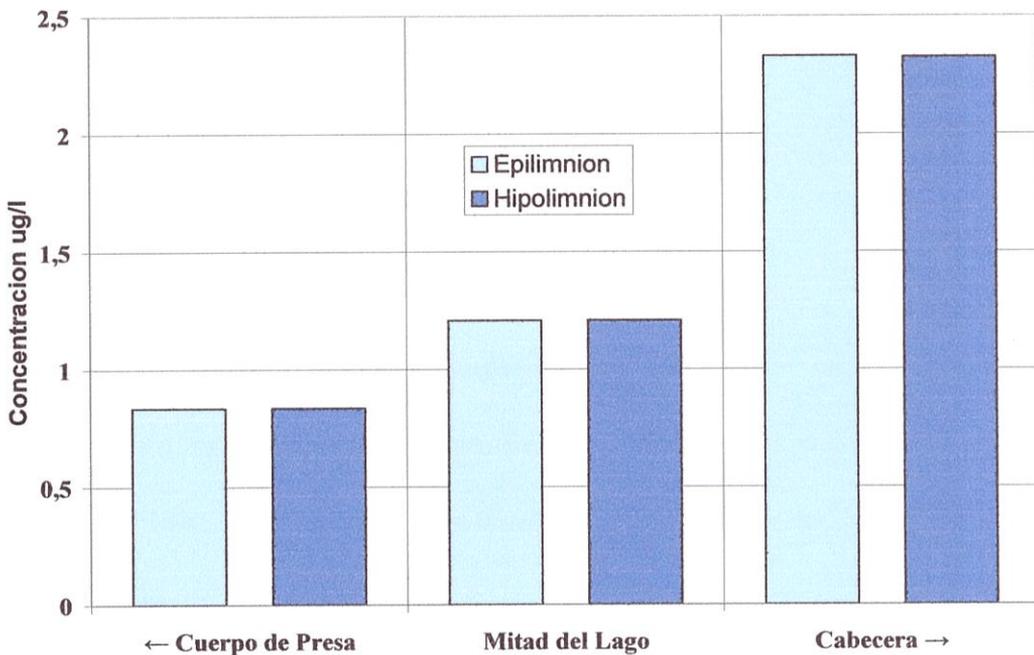
En este caso de estudio se analiza el embalse usando el nivel actual del mismo (cota 75). Adicionalmente no hay descarga debido a que el nivel esta debajo del vertedero.

Gráfico VII

Distribución de Glifosato en Estado Estable

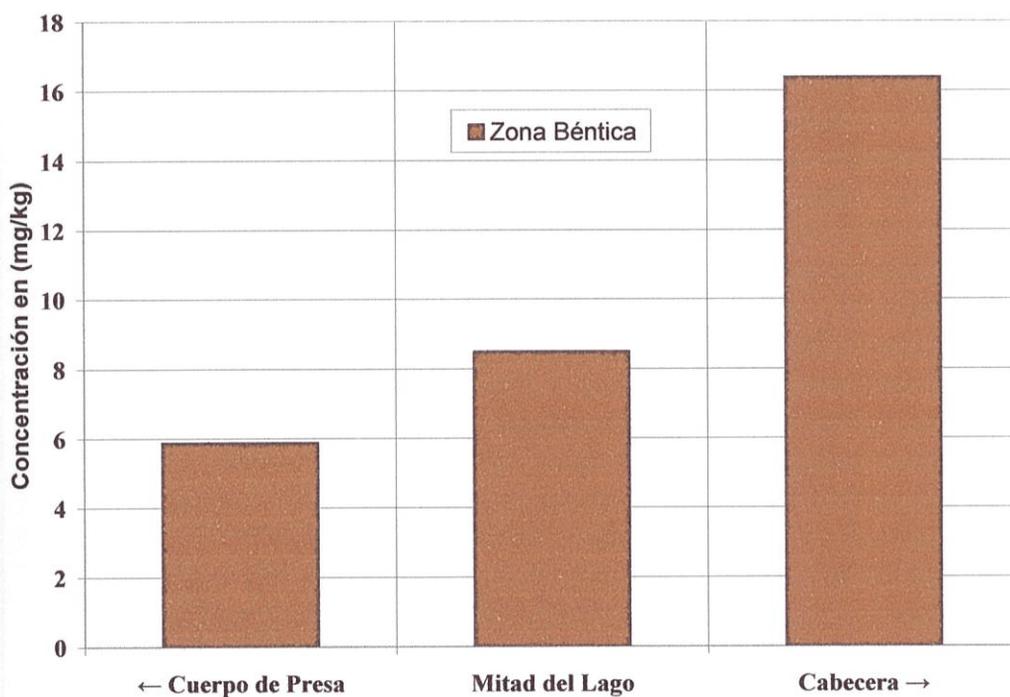
Caso de Estudio III Columna de Agua

(Áreas Iguales cota 75)

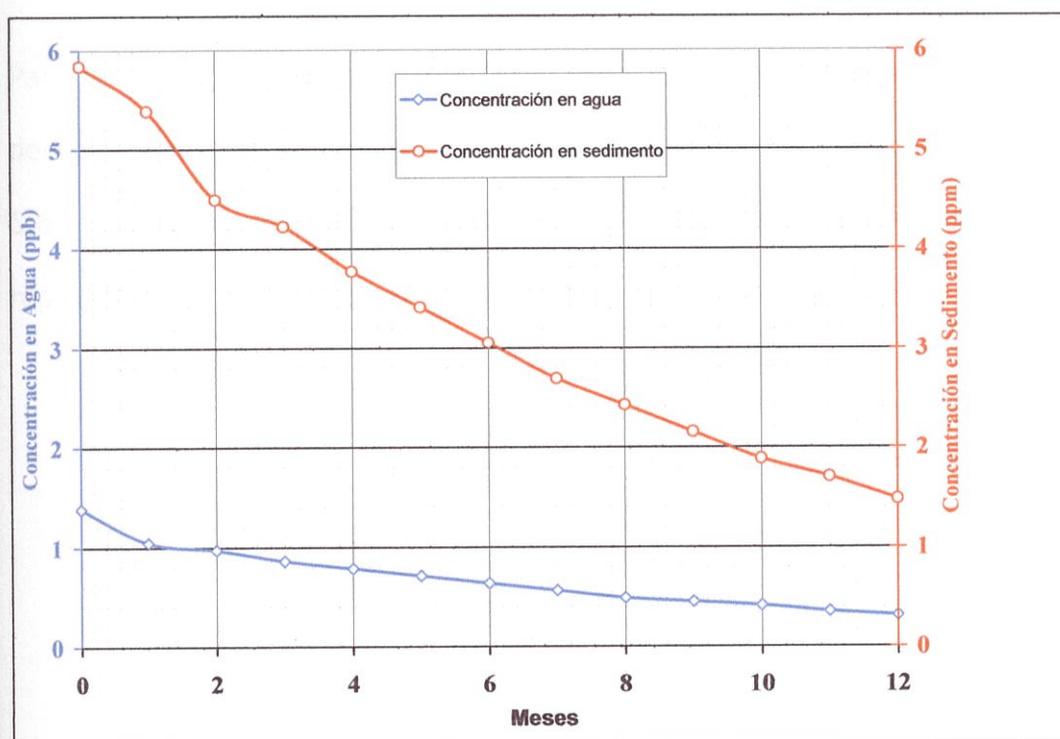


En este gráfico observamos como desciende la concentración en el Epilimnium desde la cabecera del embalse segmento 1, con una concentración de 2.33 (ppb), en el centro del embalse segmento 4, observamos valores de 1.208 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 7, tenemos valores de 0.8363 (ppb)

Para el Hipolimnium observamos un comportamiento similar y encontramos valores en la cabecera del embalse segmento 2, con una concentración de 2.326 (ppb), en el centro del embalse segmento 5, observamos valores de 1.209 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 8, tenemos valores de 0.8369 (ppb).

Gráfico VIII**Distribución de Glifosato en Estado Estable****Caso de Estudio III Sedimentos (Áreas Iguales cota 75)**

En este gráfico de la zona béntica que la mayor acumulación la tenemos en la cabecera, segmento 3, con 16.4 (mg/kg), esto va disminuyendo en el centro del embalse, segmento 6, con valores de 8.5 (mg/kg) y en el cuerpo de la presa, segmento 9, tenemos valores de 5.89 (mg/kg).

Gráfico IX**Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio III****Columna de Agua y Sedimento modo 1****(Áreas Iguales cota 75)**

En el gráfico IX observamos como decrece la concentración del glifosato en la columna de agua de un valor de 1.38 ppb al momento de ingresar al sistema, hasta un valor de 0.31 ppb después de 12 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 77.54 %.

Para el caso de los sedimentos (zona béntica del embalse), el decrecimiento de la concentración es más lento. El valor inicial de 5.84 mg/kg, disminuye a 1.48 mg/kg al final de 12 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 74.36 %.

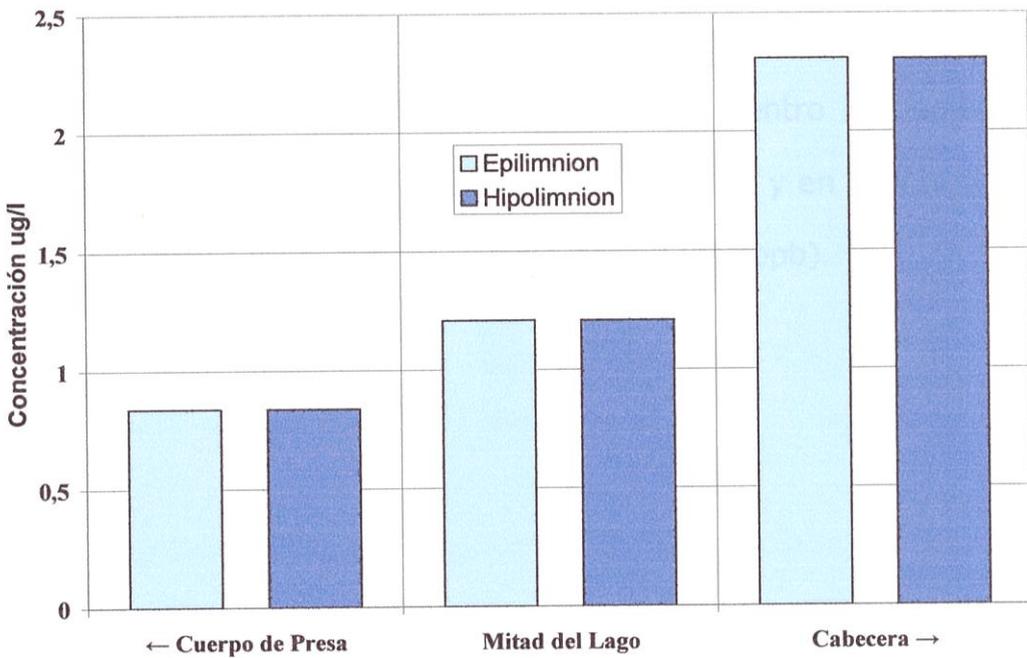
Caso de Estudio IV: División del volumen total del embalse en 3 partes iguales (cota 75).

Gráfico X

Distribución de Glifosato en Estado Estable

Caso de Estudio IV Columna de Agua

(Áreas Iguales cota 75)



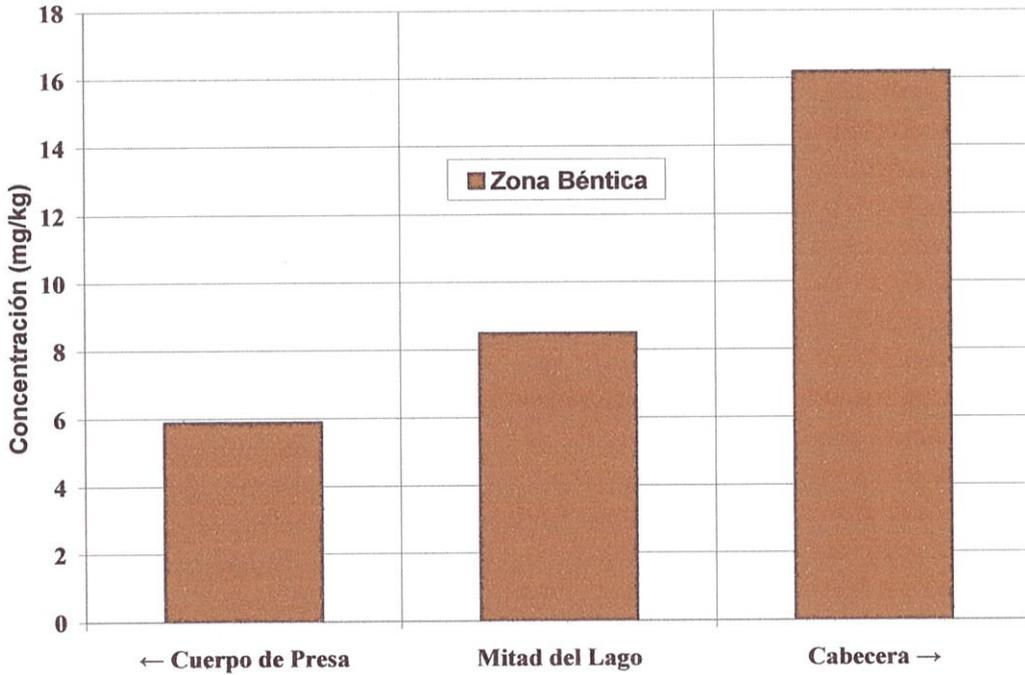
En este gráfico observamos como desciende la concentración en el Epilimnium desde la cabecera del embalse segmento 1, con una concentración de 2.309 (ppb), en el centro del embalse segmento 4, observamos valores de 1.208 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 7, tenemos valores de 0.8377 (ppb)

Para el Hipolimnium observamos un comportamiento similar y encontramos valores en la cabecera del embalse segmento 2, con una concentración de 2.306 (ppb), en el centro del embalse segmento 5, observamos valores de 1.208 (ppb) y en cuerpo de la presa segmento 8, tenemos valores de 0.8384 (ppb).

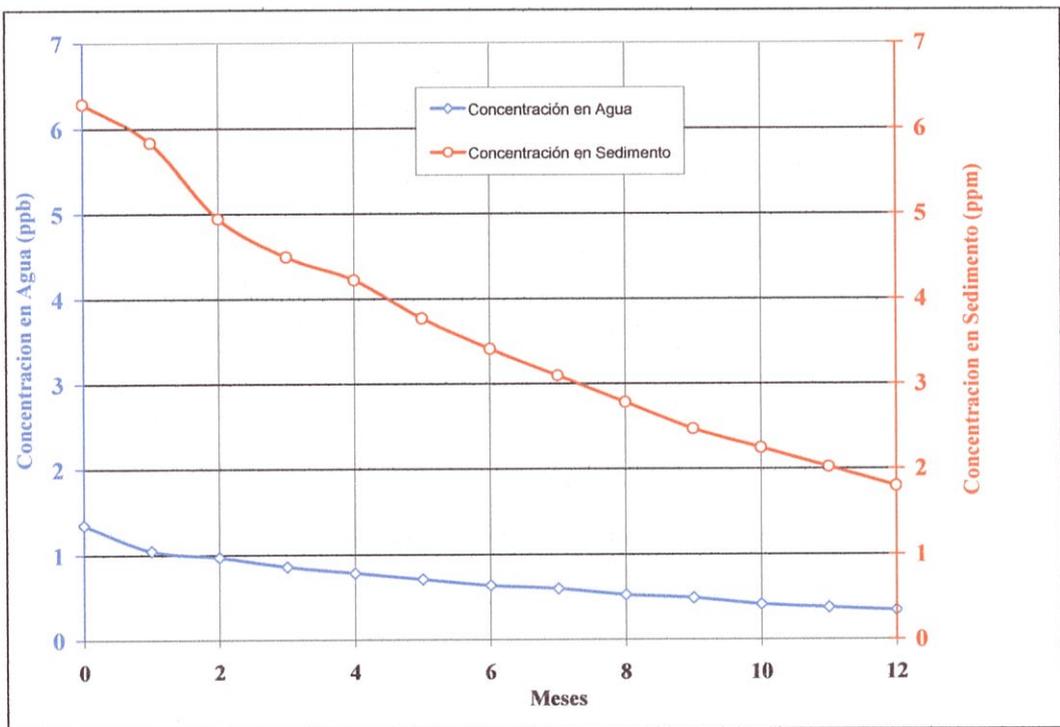
Gráfico XI

Distribución de Glifosato en Estado Estable

Caso de Estudio IV Sedimentos (Áreas Iguales cota 75)



En este grafico de la zona béntica que la mayor acumulación la tenemos en la cabecera, segmento 3, con 16.2 (mg/kg), esto va disminuyendo en el centro del embalse, segmento 6, con valores de 8.5 (mg/kg) y en el cuerpo de la presa, segmento 9, tenemos valores de 5.9 (mg/kg).

Gráfico XII**Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio IV****Columna de Agua y Sedimento modo 1****(Volúmenes Iguales cota 75)**

En el gráfico XII observamos como decrece la concentración del glifosato en la columna de agua de un valor de 1.35 ppb al momento de ingresar al sistema, hasta un valor de 0.34 ppb después de 12 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 74.81 %.

Para el caso de los sedimentos (zona béntica del embalse), el decrecimiento de la concentración es más lento. El valor inicial de 6.29 mg/kg, disminuye a 1.80 mg/kg al final de 12 meses. Esto representa una disminución de aproximadamente de 71.38 %.

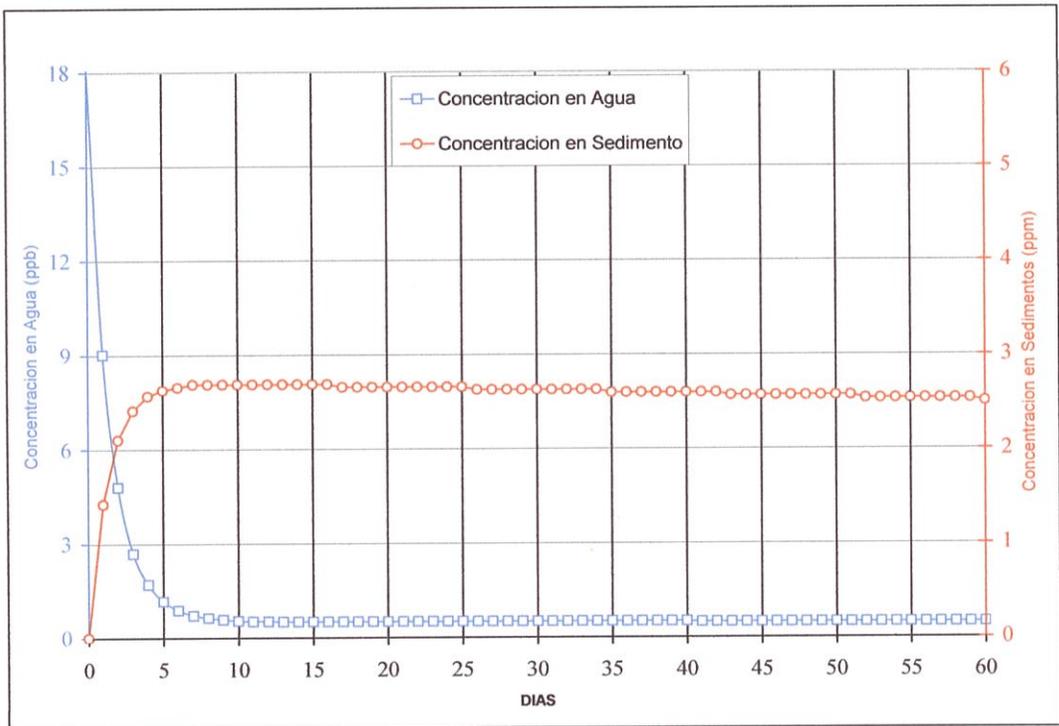
ANÁLISIS DE RESULTADOS EN MODO 2

El análisis en el modo 2 consiste básicamente en una sola descarga del contaminante que se produce en $t=0$ (primer día). Después se observa el resultado en un tiempo final que uno puede definir (días, meses, años).

En el modo 2 de manera general observamos que el comportamiento con respecto a la concentración total de glifosato decrece de manera rápida en la columna de agua y de manera ascendente en los primeros días para los sedimentos, llegando a un punto máximo y luego decreciendo muy pausadamente. En otras palabras el glifosato tiende a concentrarse en los sedimentos y no en la columna de agua.

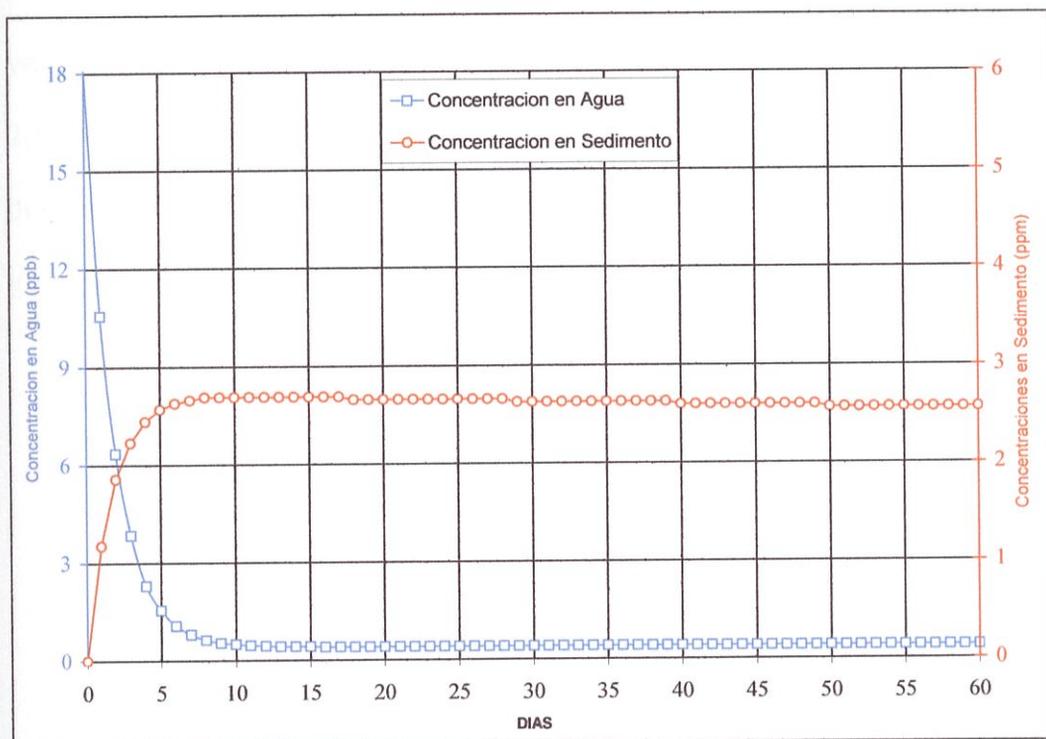
Los resultados obtenidos nos permiten observar que debido a las propiedades físico-químicas del compuesto (Glifosato), el comportamiento en cada uno de los escenarios o casos de estudios es muy similar variando poco la concentración total en el ecosistema.

Gráfico XIII
Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio I
Columna de Agua y Sedimento modo 2
(Áreas Iguales cota 79)



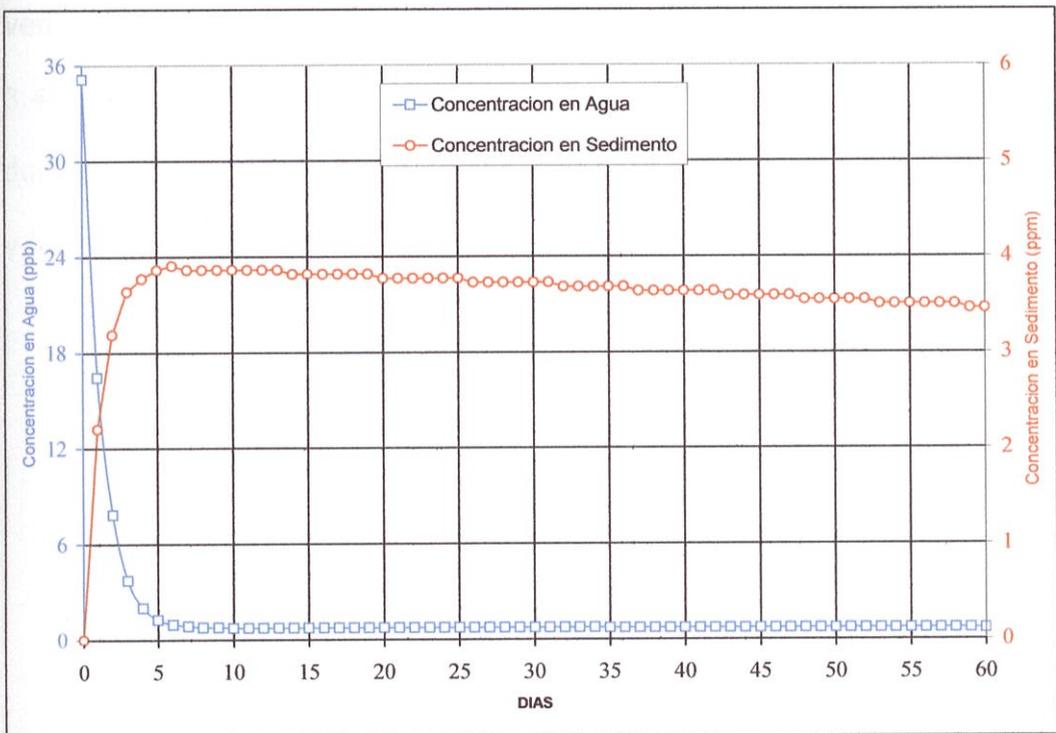
En el gráfico XIII observamos como decrece la concentración del glifosato en la columna de agua de un valor de 18.06 ppb al momento de ingresar al sistema, hasta un valor de 0.48 ppb después de 60 días.

A medida que en la columna de agua desciende en los sedimentos vemos que el valor se incrementa de 1.42 mg/kg hasta llegar a 2.50 mg/kg luego de 60 días. El mayor incremento lo observamos durante los primeros 5 días alcanzando un máximo de 2.69 mg/kg y luego descendiendo.

Gráfico XIV**Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio II****Columna de Agua y Sedimento modo 2****(Volúmenes Iguales cota 79)**

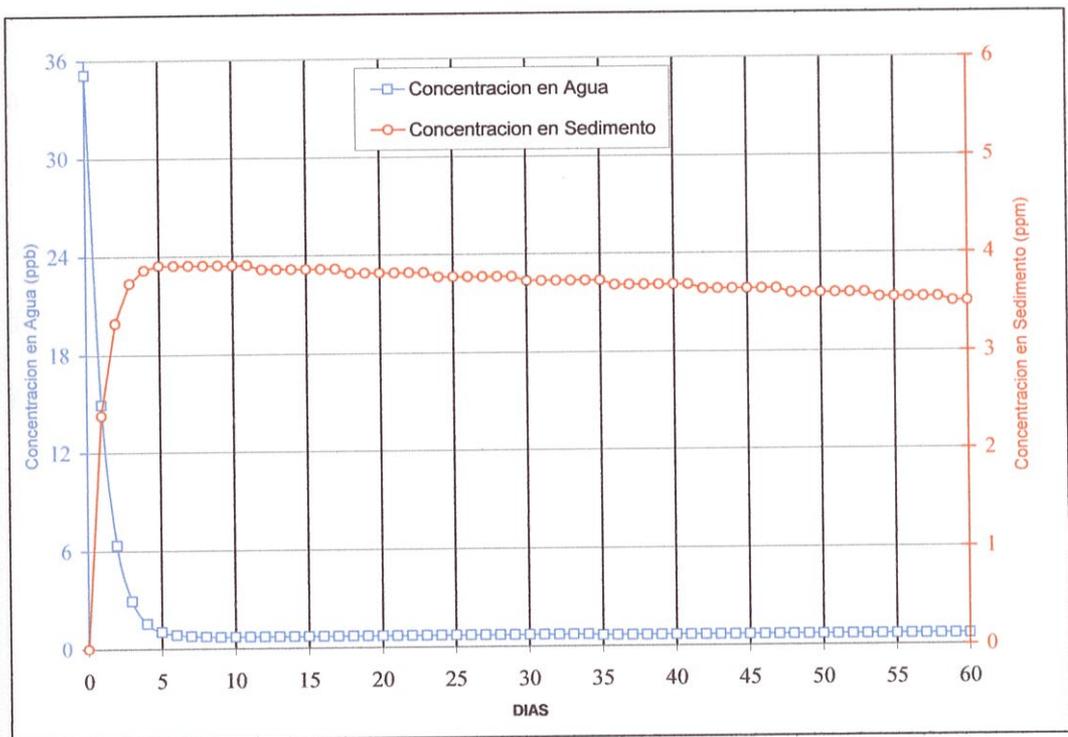
En el gráfico XIV observamos como decrece la concentración del glifosato en la columna de agua de un valor de 18.06 ppb al momento de ingresar al sistema, hasta un valor de 0.40 ppb después de 60 días.

A medida que en la columna de agua desciende en los sedimentos vemos que el valor se incrementa de 1.17 mg/kg hasta llegar a 2.56 mg/kg luego de 60 días. El mayor incremento lo observamos durante los primeros 5 días alcanzando un máximo de 2.69 mg/kg y luego descendiendo.

Gráfico XV**Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio III****Columna de Agua y Sedimento modo 2****(Áreas Iguales cota 75)**

En el gráfico XV observamos como decrece la concentración del glifosato en la columna de agua de un valor de 35.14 ppb al momento de ingresar al sistema, hasta un valor de 0.67 ppb después de 60 días.

A medida que en la columna de agua desciende en los sedimentos vemos que el valor se incrementa de 2.20 mg/kg hasta llegar a 3.46 mg/kg luego de 60 días. El mayor incremento lo observamos durante los primeros 5 días alcanzando un máximo de 3.86 mg/kg y luego descendiendo.

Gráfico XVI**Concentración Total de Glifosato Caso de Estudio IV****Columna de Agua y Sedimento modo 2****(Volúmenes Iguales cota 75)**

En el grafico XVI observamos como en la columna de agua se produce un descenso brusco durante los primeros cinco días en la concentración de la columna de agua del Embalse, cuyo valor inicial se encontraba en 35.14 ppb al cabo de 60 días se vemos que varia a 0.67 ppb de Glifosato.

A medida que en la columna de agua desciende en los sedimentos vemos que el valor se incrementa de 2.38 mg/kg hasta llegar a 3.50 mg/kg luego de 60 días. El mayor incremento lo observamos durante los primeros 5 días alcanzando un máximo de 3.91 mg/kg y luego descendiendo.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

PROCESOS DE DEGRADACIÓN DEL CONTAMINANTE

Podemos observar claramente que las propiedades físicas y químicas del compuesto estudiado, el glifosato, permiten un comportamiento como el observado en los modos 1 y 2. La persistencia del Glifosato en agua es menor que su persistencia en sedimentos, puesto que los resultados muestran concentraciones altas en 10, 60 y hasta 120 días después de su aplicación. En cuanto a la persistencia del glifosato en el agua, han sido

reportados tiempos de vida medios para diversos sistemas acuáticos, variando tales tiempos entre 3 días y 70 días.

El glifosato es altamente soluble en agua, (alrededor de 12 gramos/litro a 25°C), y debido a esto se espera que ingrese al sistema mediante escorrentía superficial. Debido a su estado iónico en el agua no se espera que se volatilice de las aguas ni de los sedimentos. Se considera que desaparece rápidamente del agua, como resultado de adsorción a partículas en suspensión como materia orgánica y mineral, a sedimentos y probablemente por descomposición micro bacterial. La biodegradación se presenta como el mecanismo más importante de estabilización del glifosato, tanto en el suelo como en ambientes acuáticos, procediendo tal degradación aeróbica y anaeróbicamente. La Constante de la Ley de Henry que describe la tendencia de un pesticida a volatilizarse del agua o suelo húmedo para el caso del glifosato es 1.44×10^{-12} atm m^3/mol , el cual es muy bajo por lo cual es poco probable que se evapore y en cambio si un mayor potencial de lixiviación del pesticida.

El Coeficiente de Adsorción de carbono orgánico (Koc), también se le conoce como Coeficiente de adsorción suelo/agua o el Coeficiente de adsorción. Es una medida de la tendencia de un compuesto orgánico a ser adsorbido por los suelos o sedimentos.

El Koc es específico para cada pesticida y es sumamente independiente de las propiedades del suelo. Los valores del Koc van de 1 a 10,000,000 y en el caso de del Glifosato es de 11118 ((mg/kg)/(mg/l)). Un Koc elevado indica que el pesticida orgánico se fija con firmeza en la materia orgánica del suelo, por lo que poca cantidad del compuesto se mueve a las aguas superficiales o a los acuíferos.

El coeficiente de partición Octanol-agua, Kow, es una medida de cómo una sustancia química puede distribuirse entre dos solventes inmiscibles, agua (es un solvente polar) y octanol (es un solvente relativamente no polar, que representa a las grasas). El Kow proporciona un valor de la polaridad que en el caso del glifosato nos da una idea de que manera puede distribuirse en el sistema acuático.

LIMITACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

DATOS METEOROLÓGICOS

Es importante mencionar que en vista que la información que usamos como referencia proviene de un lugar alejado del Campus como es el caso de la estación meteorológica DAC 056 del aeropuerto de la ciudad de Guayaquil los valores que esperaríamos serán un poco diferentes, como en el caso de precipitación, según el lugar de este estudio el embalse de la ESPOL, es de esperar que sea mayor a los valores que obtenemos de la estación mencionada.

PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS

Biomasa Planctónica

Se realizaron análisis de la biomasa para la columna de agua, se obtuvieron valores estimados, pero desafortunadamente no se tenía registros históricos de este parámetro con el cual se pudiera realizar una comparación con respecto a como varía este parámetro a diferentes profundidades. Caso similar sucedió con la biomasa en

los sedimentos, no existía información alguna de que se hubiera analizado anteriormente.

Concentración de carbono disuelto en agua

La concentración de carbono disuelto en el agua es un parámetro es muy importante, del cual no se tenía registro alguno en mediciones anteriores de calidad del agua del embalse de la ESPOL. No existía un procedimiento Standard el cual seguir para determinar el Doc, como tampoco para determinar la fracción de carbono orgánico en los sólidos como parte del peso seco (Froc). Los reactivos para realizar los distintos análisis de los parámetros mencionados, resultaban muy costosos y también muy complicados obtenerlos, puesto que para su venta de forma comercial a un usuario necesitan de un permiso del CONSEP.

Muchos de estos parámetros necesarios para la aplicación del modelo fueron tomados y comparados con los valores monitoreados anteriormente por el Dr. Arcos (1993-2003). Algunos parámetros ni siquiera tenían un procedimiento Standard que pudiera seguirse puesto que nunca habían sido tomados en cuenta en el estudio de la calidad del agua del embalse de la ESPOL. Con la identificación

de los parámetros físicos, químicos, y biológicos no existió mucha diferencia en cuanto a los valores encontrados. Algunos de estos valores determinados fueron los siguientes:

Tabla XXII

Identificación de Parámetros físicos químicos y biológicos

Oxígeno Disuelto	6.20 mg/l E 0.29 mg/l H
Clorofila (promedio)	0.034 mg/l
Temperatura (promedio)	25.5 °C
pH (promedio)	7.8
Población bacteria planctónica	3.1e ³ Cfu/ml
Biomasa bentónica	no se encontró en los análisis
Biomasa en columna de agua	0.0164 mg/l
Sólidos suspendidos(promedio)	9.6 mg/l
Densidad de lodos béticos (promedio)	1.26 g/cm ³
Profundidad máxima actual del Embalse	10.3 metros

Basándose en la concentración de clorofila a (34 ug/l), se puede afirmar que el embalse se encuentra eutroficado en fase 2. (Swedish Environmental Protection Agency 2002). A continuación se

muestra la tabla que caracteriza a un embalse en base a su clorofila

a.

Tabla XXIII

Caracterización de un embalse en base a su clorofila a

Class	Level	Quantity (Ug/l)		Description
		May-Oct	August	
1	Low	<2	<2,5	Oligotrophic
2	Moderately High	2--5	2,5-10	Mesotrophic
3	High	5--12	10--20	Eutrophic I
4	Very High	12--25	20-40	Eutrophic II
5	Extremely High	>25	>40	Hypertrophic

Fuente: Swedish Environmental Protection Agency (2002)

Según parámetros de organizaciones mundiales la concentración del glifosato que se presentaría en los diferentes escenarios de estudios en esta tesis, parece no exceder las concentraciones normales permitidas para países como Canadá y USA, por lo cual la calidad del agua del embalse estaría adpa para la utilización local puesto que también no excede el Standard local de 100 ppb. Es también importante recalcar que el límite que se estaría excediendo sería el de la Unión Europea (ver tabla XXIV).

Tabla XXIV

Limites permisibles por algunas organizaciones mundiales

Tipo de muestra	(EQGS) Guía de la calidad ambiental canadiense 2002 (Ug/L)	EEC Unión Europea 1998 (Ug/L)	USA EPA 2000 (Ug/L)
Agua potable	141	0.1	700
Agua: Vida acuática	65	-	-
Agua: agricultura	141	-	-

Fuente: Determinación de glifosato en muestras de agua en la Cuenca del Río Catatumbo (Departamento de Química, Universidad del Zulia Maracaibo-Venezuela 2005)

5.2 RECOMENDACIONES

APLICACIÓN DEL MODELO EXAMS

EXAMS fue diseñado para uso de aquéllas personas que deban tomar decisiones de manejo de calidad de agua y quienes deben evaluar el riesgo antes de que este se produzca o las posibles consecuencias debido al uso de determinados químicos que pudieran llegar a un sistema acuático por medio de cargas

puntuales y no puntuales. Este programa es muy poco amigable con el usuario desde el punto de vista del manejo, puesto que no viene en una versión de Windows que pudiera hacer más fácil su operación o manejo, y por lo tanto la entrada y salida de datos resultan difíciles de visualizar, y por ende interpretar sus resultados. Pero todo esto contrasta con lo útil y confiable que resulta en el análisis de los resultados que son expuestos por este programa desarrollado por la EPA.

El modelo EXAMS fue posible aplicar en el embalse de la ESPOL asumiendo que la descarga no sufría biodegradación o variación en el momento que esta es aplicada tanto en cantidad como en sus propiedades físicas y químicas. A esto se le puede añadir que es posible utilizar este programa tanto en ríos, lagos o embalse y también en ambientes marinos, siempre que se cumpla con los requerimientos básicos que el programa exige. También vale la pena mencionar que se puede desarrollar otros tipos de análisis partiendo de las ecuaciones básicas que llevaron o motivaron el desarrollo de este programa. Todas estas formulas y ecuaciones son puestos a consideración en el manual del mismo.

DESARROLLO DE ESCENARIOS REALISTAS

Es necesario, tratar de crear un escenario más realista en el futuro. Así al momento de analizar el comportamiento global de un pesticida o cualquier químico que se introduzca en un ecosistema tener una mejor visión para su análisis y acciones correspondientes. La falta de datos en nuestro medio se traduce en un desafío a los futuros investigadores para poder explicar el modelo.

APLICACIÓN DE OTROS MODELOS

Se recomienda el uso de otros modelos como lo son el PRZM que consiste básicamente en el transporte terrestre de pesticidas. Esto complementaria al modelo EXAMS, ya que solo se puede usar en ambientes acuáticos y no terrestres. Adicionalmente, la aplicación o enlace con otros modelos necesita de información mas precisa respecto al transporte de los mismos en las cuencas hidrográficas involucradas (escorrentía).

También se recomienda también la utilización de otros modelos como los son FGETS y BASS, para poder determinar la bioacumulación en peces y otros organismos.

MONITOREO DE PARÁMETROS AMBIENTALES

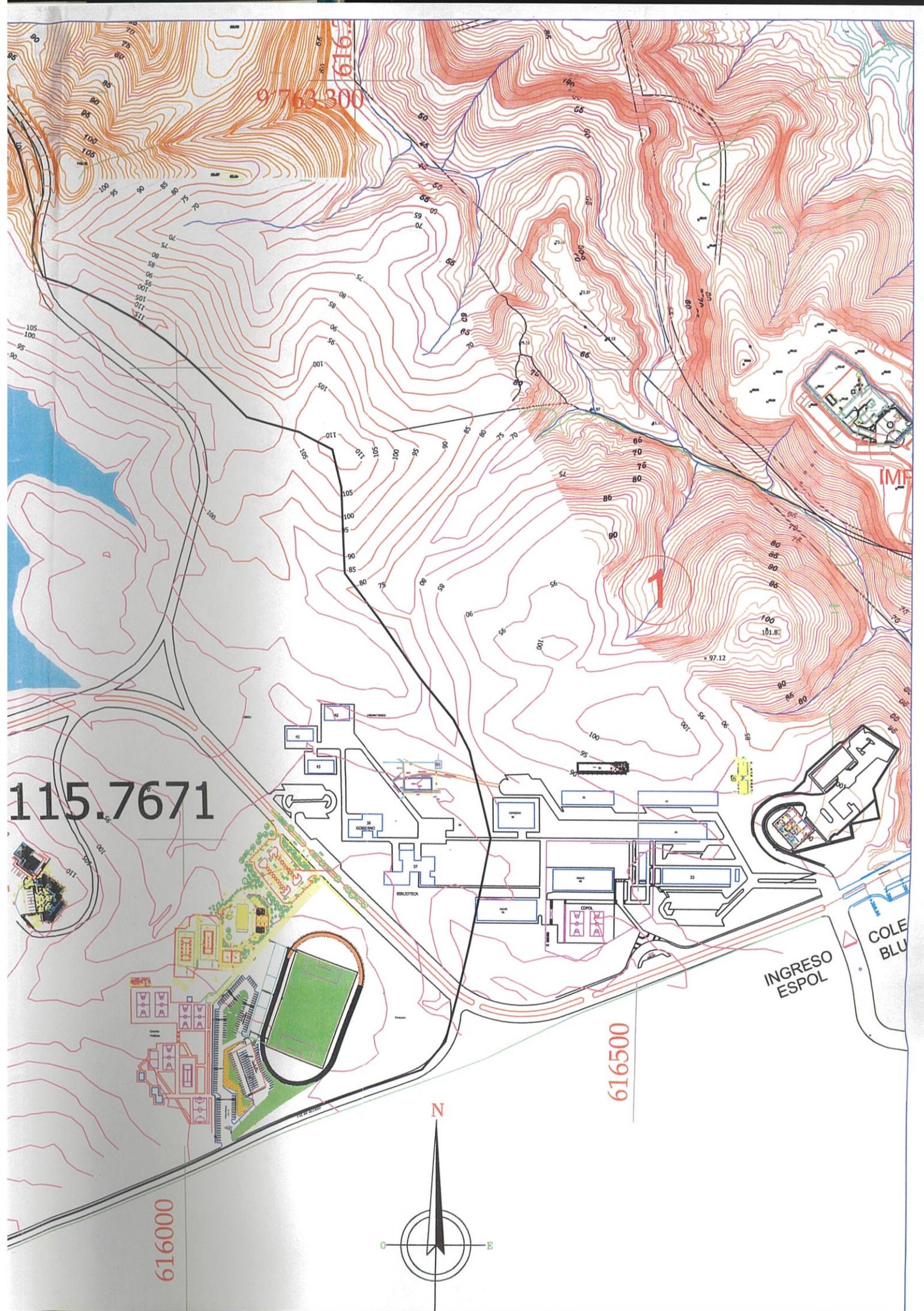
La aplicación de modelos para determinar el comportamiento ambiental del embalse ante el ingreso de químicos, debería ser complementada con monitoreos constantes no solo de los parámetros que aquí se mencionan sino de muchos otros parámetros. Esto podría ser el inicio de una creación de una base de datos más extensa que permita en un futuro un mejor análisis. Un programa de monitoreo debería contemplar el registro de aspectos, meteorológicos, hidrológicos, de calidad de agua entre otros, con el fin de establecer una política hídrica y ambiental que garantice la sostenibilidad del embalse de la ESPOL.

Una vez que hemos identificado el lugar donde se utilizan estos pesticidas que se utilizan en los cultivos dentro de la ESPOL, recomendarles utilizar tipos de suelos con alto contenido arcilloso y

con alto contenido de materia orgánica, para en lo posible retener a estos compuestos, a fin de amortiguar el impacto que pudiese estar causando en la calidad del agua del embalse. Sin embargo, estos suelos en algún momento podrían soltar el pesticida, principalmente si son erosionados y arrastrados desde el sitio donde se encuentran.

ANEXO A

IMPLANTACIÓN DE LA SUBCUENCA DE
DRENAJE QUE ALIMENTA AL EMBALSE DE
LA ESPOL. (A3)



9763-300

616.2

115.7671

616500

616000

N

INGRESO ESPOL

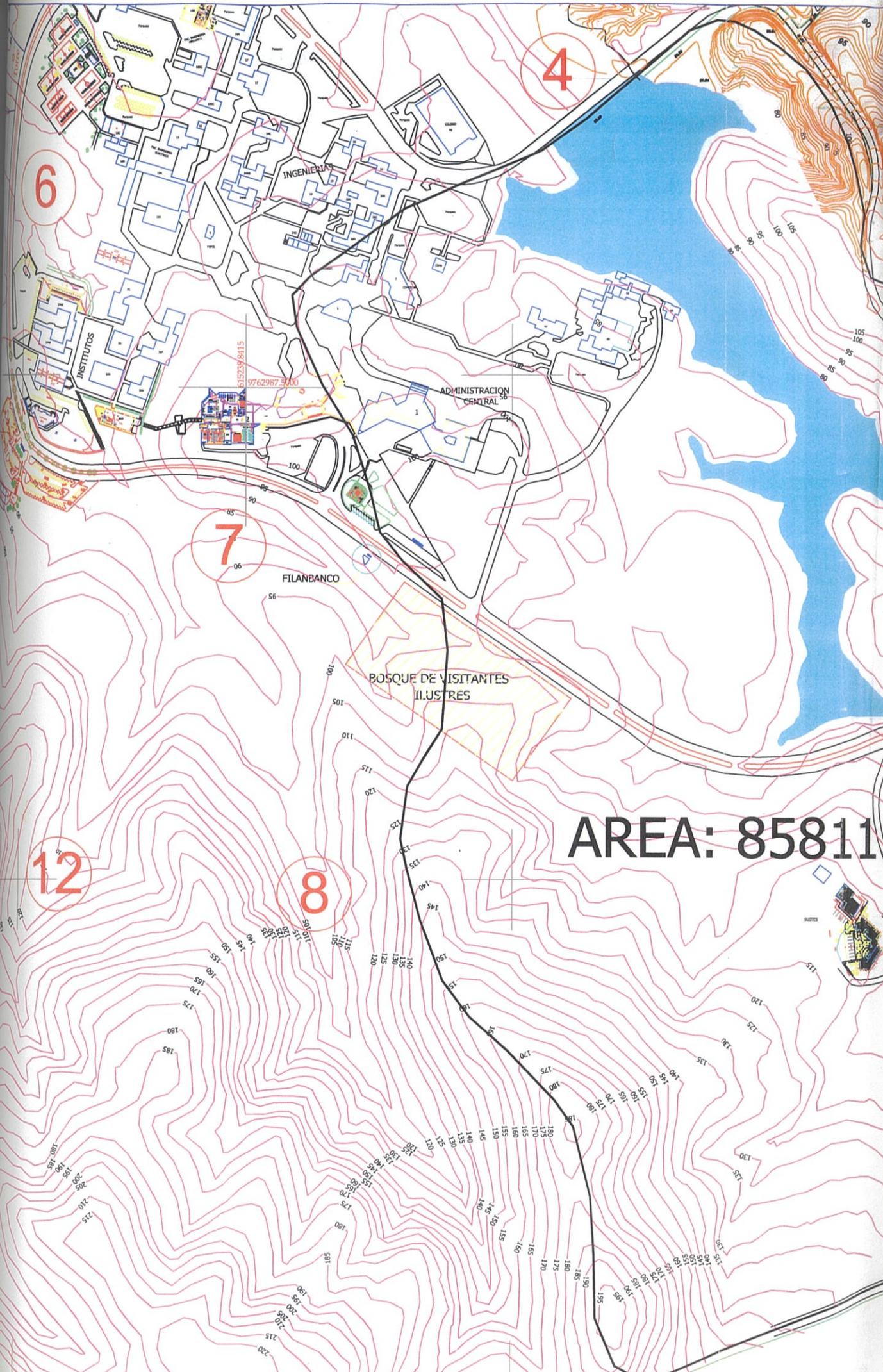
COLE BLU

1

IMP

COLE BLU

INGRESO ESPOL



6

4

7

12

8

AREA: 85811

INGENIERIA

INSTITUTOS

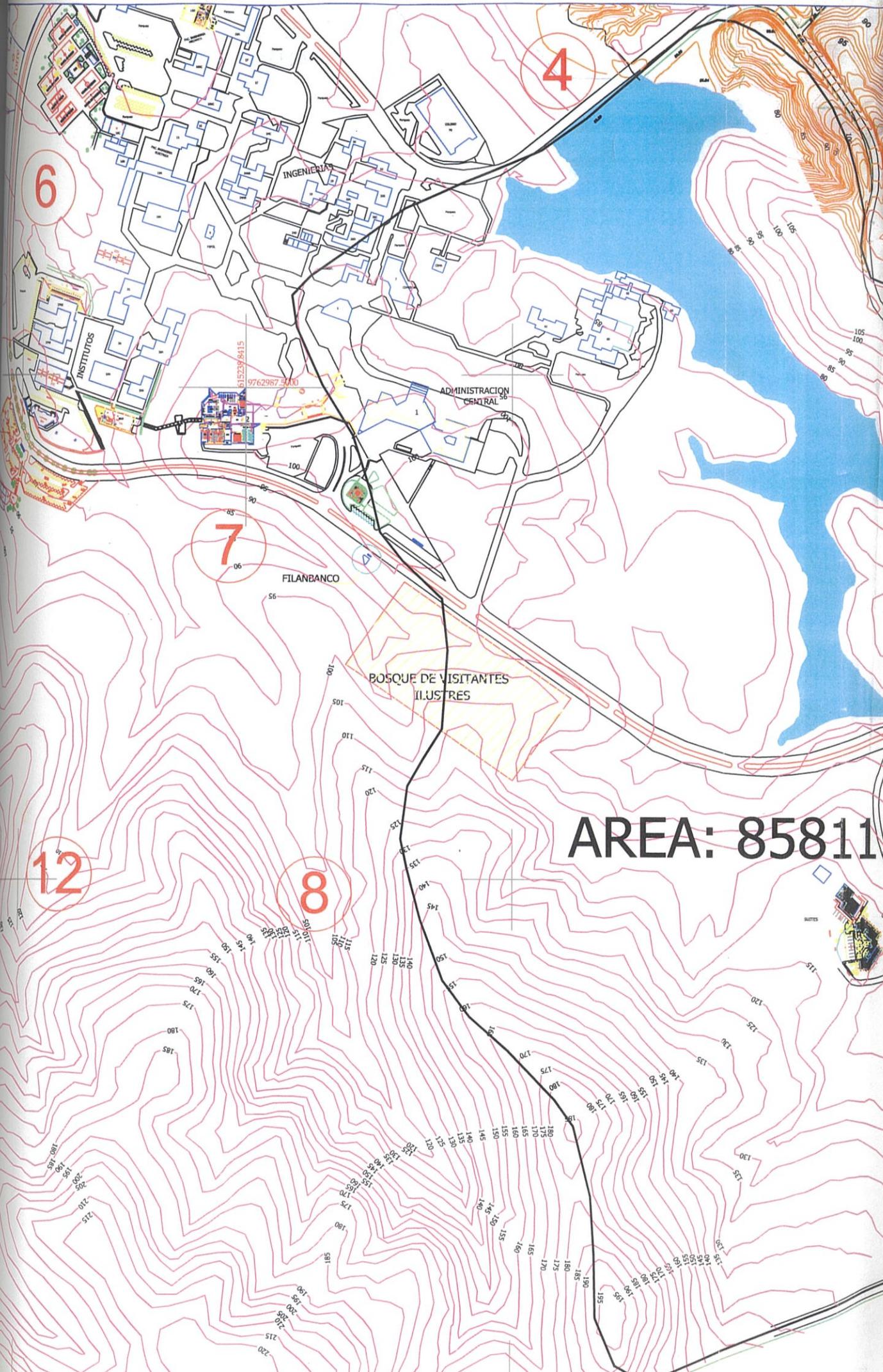
ADMINISTRACION CENTRAL

FILANBANCO

BOSQUE DE VISITANTES ILUSTRES

915238415
97629873000

MUTIS



ANEXO B

CANTIDADES Y TIPO DE AGROQUÍMICOS
UTILIZADOS EN LA ESPOL

Productos Agroquimicos Usados en el Campus Gustavo Galindo año 2000

TOTAL 2000	Producto	Total
	Sulfato d Amonio	1034556
	Nitrato d Potasio	739179
	Nitrato d Calcio	112160
	Polyfeed	304525
	Urea	284940
	Sulfato d Magnesio	319492
	Sulfato d Cobre	27454
	Alliette	6053
	Agral	9059
	Vidote L	11080
	Super Fosfato Triple	195388
	Dimepac	24510
	Queiato d Hierro	4985
	Acido Fosforico	1319
	Furadon	31603
	Fermol 2%	77920
	Trimiltron	11475
	Librel BMX	14125
	Benlate	26693
	Stimufol	16855
	Nova Gibb	
	Hormona #2	750
	Oxitecicilina	
	Cal	
	Fertifol	1010
	Vitavax	21819
	Mancozeb	4245
	Round Up cc	11910
	Ergosin cc	14998
	Karate	3175
	Basudin	10330
	Vitalol	15237
	Sulpomac	37385
	Raizal gr	7520

TOTAL 2000	Otros Productos	Total
	Biozime TF	610
	Cytronn	1460
	Vmaliatn	450
	Stimplex	13000
	Vteradix	850
	Acido Citrico	2500
	Tetraciclín	
	Dipel	470
	Poliquel	2050
	Foltron	430
	Novo Bioglib	595
	Stavon	1440
	Karmex	165

Productos Agroquimicos Usados en el Campus Gustavo Galindo año 2005

TOTAL 2005	Total gr
Productos	
Sulfato d Amonio	2794075
Nitrato d Potasio	3136637
Nitrato d Calcio	1245970
Nitrofoska Foliar	180320
Nitrofoska Perfect	2717880
Quelato d Hierro	1890
Fertilon Combi	16199
New Gibb	1480
Sulfato d Cobre	97410
Vitavax	23930
Mancozeb	1420
Basomid	
Captan	68760
Perfection	

TOTAL 2005	Total cc
Productos	
Simplax	19260
Gramoxone	740
Break Truh	13549
Vidate L	48480
Agral	1090
Kelpax	11420
Basfoliar Boro	1000
Basfoliar ZN 100	2000
Glifocar	6290
Basfoliar Algae	38670
Ranger	4910
Ergostin	
Karate	

ANEXO C

MEDICIONES DE PARÁMETROS REALIZADAS
ANTERIORMENTE EN EL EMBALSE ESPOL

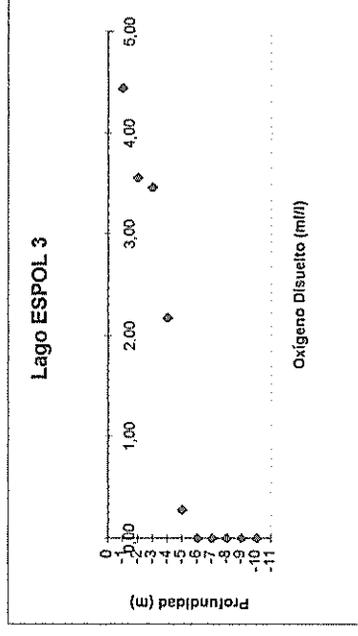
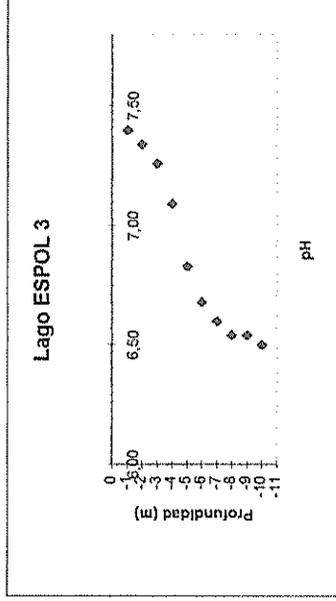
Medición de Parámetros Físicos Químicos y Biológicos año 1999

LAGO ESPOL																
RESUMEN		24/04/1999														
ESTACION																
PROF. (m)	TEMP. (°C)	D. SECHI (m)	pH	OZ (ml O2 l-1)	Clorofila a	Fecfitina a	MPT (msh)	MOP %	ZOOPLANKTON (abshrs)	CLA	OSTR	ROT	OTROS	TOTAL		
									ZOOPLANKTON (abshrs)							
1	23.7	1.6	7.62	4.60	10.7	2.5	25.45	22.73	89	5.2	3200	200	144100	0	157900	
2A	1	30.2	1.6	7.73	4.60	10.5	28.18	23.64	84	0.0	853	0	45800	0	59533	
2B	5				9.40	30.7	82.50	45.00	65	7.9	567	0	10500	0	61853	
2C	10										33	0	2200	533	3267	
Promedio en la columna de agua de 6-10 m											478	0	19433	178	41211	
ZV											CLADOCEROS	OSTRACODOS	ROTIFEROS	NAUPLIOS	NEMATODOS	
											COPEPODOS					
											31100	497	0	18333	6933	3433
ZV											CLADOCEROS	OSTRACODOS	ROTIFEROS	NAUPLIOS	NEMATODOS	
											31100	467	0	18333	6933	3433
PROF. (m)	TEMP. (°C)	D. SECHI (m)	pH	OZ (ml O2 l-1)	Clorofila a	Fecfitina a	MPT (msh)	MOP %	ZOOPLANKTON (abshrs)	CLA	OSTR	ROT	OTROS	TOTAL		
8	30.2	1.6	7.73	4.60			28.18				467	0	18333	10367	60267	

Medición de Físicos y Químicos año 1999

EST.	PROF.	TEMP. (°C)	D.SECHI (m)	pH	O2 (ml O2 l-1)	SAT.	COD
		07/05/1999					
7A	1	29.8	1.5	7.40	4.45	84	5.98
	2			7.34	3.56	67	
	3			7.26	3.46	66	
	4			7.09	2.17	41	
7B	5			6.83	0.28	5	
	6			6.68	0.00	0	mal olor
	7			6.60	0.00	0	mal olor
	8			6.54	0.00	0	mal olor
	9			6.54	0.00	0	mal olor
7C	10			6.50	0.00	0	mal olor

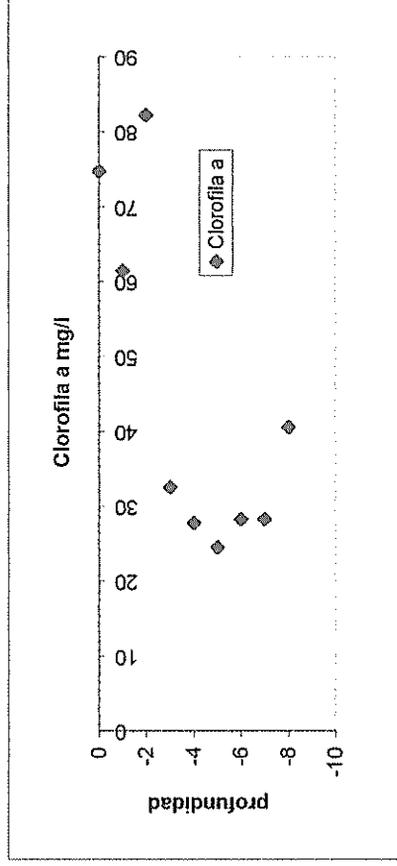
pH	PROF. (m)	O2 (ml O2 l-1)	PROF. (m)
	7.40		-1
	7.34		-2
	7.26		-3
	7.09		-4
	6.83		-5
	6.68		-6
	6.60		-7
	6.54		-8
	6.54		-9
	6.50		-10



Medición de Clorofila año 2003

LAGO ESPOZA - CLOROFILA GRUPO 1		VOL. Filtrado (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750)		VOL. Filtrado (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750)		VOL. Filtrado (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750)		VOL. Filtrado (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750)		VOL. Filtrado (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750)		VOL. Filtrado (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750) vol. acetona (500-3-6855-3-6750)	
MUESTRA	PROFUNDIDAD	RESPONSIBLE	analít.	D.C.684	D.C.684								
1	0	Fernando	0,7	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,2	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
2	0	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
3	1	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
4	2	Juan	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
5	3	Karina	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
6	4	Jorge	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
7	5	Jorge	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
8	7	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
9	0		0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
LAGO ESPOZA - CLOROFILA GRUPO 2													
MUESTRA	PROFUNDIDAD	RESPONSIBLE	analít.	D.C.684	D.C.684								
1	0	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
2	-1	Juan	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
3	-2	Juan	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
4	-3	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
5	-4	Juan	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
6	-5	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
7	-6	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
8	-7	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
9	-8	Fernando	0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003
			0,5	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003	0	0,003

Medición de Clorofila año 2003



ANEXO D

LÍNEAS DE COMANDO USADAS EN LAS
DIVERSAS CORRIDAS DEL MODELO EXAMS
PARA ESTA TESIS

Datos para corrida del Modelo EXAMS

Glifosato (Chemical)

Rec chem 1

Chem. Name is Glyphosate

Set mwt (1) = 169.08

Set sol (1,1) = 11600

Set henry (1) = 1.44e-12

Set Kow (1) = 0.00033

Set mp (1) = 184.5

Set Koc (1) = 11118

Set Aermet (1) = 63

Set Anaerm (1) = 22

Set kdp(1,1) = 4.18e⁻⁴

stor chem 14 (opcional el número, cualquier valor superior a 13)

Caso I Embalse ESPOL áreas iguales cota 79

Rec env 1

Env name is Lake ESPOL

Set elev = 79 metros (Situación Ideal)

Set airty (*) = r (rural)

Set Lat = -2.1447

Set Long = -79.9585

Set Rhum (*) = 77.5

Set Cloud (*) = 8

Set wind (1, *) = 1.32

Set wind (4, *) = 1.32

Set wind (7, *) = 1.32

Set Evap (1,*) = 100.63

Set Evap (4,*) = 100.63

Set Evap (7,*) = 100.63

Set Rain (1) = 225

Set Rain (2) = 292

Set Rain (3) = 290.4

Set Rain (4) = 198.7

Set Rain (5) = 60.8

Set Rain (6) = 22.9

Set Rain (7) = 6.2

Set Rain (8) = 0.7

Set Rain (9) = 1.7

Set Rain (10) = 3.6

Set Rain (11) = 10.5

Set Rain (12) = 42.9

Set rain (13) = 96.3

Set Kount = 9

Type (1) = E

Type (2) = H

Type (3) = B

Type (4) = E

Type (5) = H

Type (6) = B

Type (7) = E

Type (8) = H

Type (9) = B

Area (1) = 18082

Area (2) = 8075

Area (3) = 18082

Area (4) = 18082

Area (5) = 14648

Area (6) = 18082

Area (7) = 18082

Area (8) = 14607

Area (9) = 18082

Depth (1) = 4

Depth (2) = 5

Depth (3) = 0.05

Depth (4) = 4

Depth (5) = 8

Depth (6) = 0.05

Depth (7) = 4

Depth (8) = 10

Depth (9) = 0.05

Vol (1) = 723228

Vol (2) = 40375

Vol (3) = 904

Vol (4) = 723228

Vol (5) = 117184

Vol (6) = 904

Vol (7) = 723228

Vol (8) = 146070

Vol (9) = 904

Bulkd (3,13) = 1.28

Bulkd (6,13) = 1.26

Bulkd (9,13) = 1.04
Pctwa (3,13) = 183
Pctwa (6,13) = 184
Pctwa (9,13) = 194

Froc (*,13) = 0.76
Set pH (1,13) = 7.62
Set pH (2,13) = 6.72
Set pH (4,13) = 7.62
Set pH (5,13) = 6.72
Set pH (7,13) = 7.62
Set pH (8,13) = 6.72
Tcel (1,13) = 26.5
Tcel (2,13) = 25.8
Tcel (3,13) = 24.7
Tcel (4,13) = 26.2
Tcel (5,13) = 24.9
Tcel (6,13) = 24.7
Tcel (7,13) = 26.5
Tcel (8,13) = 25
Tcel (9,13) = 24.7
Set Diso2 (1,13) = 6.20
Set Diso2 (2,13) = 0.29
Set Diso2 (4,13) = 6.20
Set Diso2 (5,13) = 0.29
Set Diso2 (7,13) = 6.20
Set Diso2 (8,13) = 0.29
Set Chl (1,13) = 0.023
Set Chl (2,13) = 0.032
Set Chl (4,13) = 0.023
Set Chl (5,13) = 0.032
Set Chl (7,13) = 0.023
Set Chl (8,13) = 0.032

Set bacpl(*,13) = $3.1e^3$
Set plmas(*,13) = 0.0164
Set bnbac(*,13) = ausencia
Set bnmas(*,13) = ausencia

Set Jfrac(1) = 1
Set Itoad(1) = 4
Set Jfrac(2) = 4

Set Itoad(2)= 7
Set Jfrad(3)= 7
Set Itoad(3)= 0
Set Advpr(1)= 1
Set Advpr(2)= 1
Set Advpr(3)= 1

Jtur (1) = 1
Itur (1) = 2
Jtur (2) = 4
Itur (2) = 5
Jtur (3) = 7
Itur (3) = 8
Jtur (4) = 2
Itur (4) = 3
Jtur (5) = 5
Itur (5) = 6
Jtur (6) = 8
Itur (6) = 9
Jtur (7) = 1
Itur (7) = 4
Jtur (8) = 4
Itur (8) = 7
Jtur (9) = 2
Itur (9) = 5
Jtur (10) = 5
Itur (10) = 8

Xstur (1) = 8075
Xstur (2) = 14648
Xstur (3) = 14607
Xstur (4) = 8075
Xstur (5) = 14648
Xstur (6) = 14607
Xstur (7) = 394
Xstur (8) = 292
Xstur (9) = 302
Xstur (10) = 315

Charl (1) = 4.5
Charl (2) = 6
Charl (3) = 7

Charl (4) = 2.525
Charl (5) = 4.025
Charl (6) = 5.025
Charl (7) = 170
Charl (8) = 170
Charl (9) = 150
Charl (10) = 170

Dsp (1,13) = 41
Dsp (2,13) = 41
Dsp (3,13) = 41
Dsp (4,13) = 2.2 e -4
Dsp (5,13) = 2.2 e -4
Dsp (6,13) = 2.2 e -4
Dsp (7,13) = 41
Dsp (8,13) = 41
Dsp (9,13) = 41
Dsp (10,13) = 41

Store env 3 (opcional el número para grabar superior a 2)

Load

Npsld (1,1,*) = 1.81 e⁻³
Npsfl (1,*) = 659.5
Npsfl (4,*) = 659.5
Npsfl (7,*) = 659.5
Npsed (1,13) = 3.294
Npsed (4,13) = 3.294
Npsed (7,13) = 3.294
Sused (*,13) = 9.6
Store load 3

Set Outfil(1) = y
Set outfil(2) = y
Set Fixfil = 1
Run

Caso II Embalse ESPOL volúmenes iguales cota 79

Rec env 1

Env name is Embalse ESPOL caso II

Set elev = 79 metros (Situación Ideal)

Set airty (*) = r (rural)

Set Lat = -2.1447

Set Long = -79.9585

Set Rhum (*) = 77.5

Set Cloud (*) = 8

Set wind (1, *) = 1.32

Set wind (4, *) = 1.32

Set wind (7, *) = 1.32

Set Evap (1,*) = 100.63

Set Evap (4,*) = 100.63

Set Evap (7,*) = 100.63

Set Rain (1) = 225

Set Rain (2) = 292

Set Rain (3) = 290.4

Set Rain (4) = 198.7

Set Rain (5) = 60.8

Set Rain (6) = 22.9

Set Rain (7) = 6.2

Set Rain (8) = 0.7

Set Rain (9) = 1.7

Set Rain (10) = 3.6

Set Rain (11) = 10.5

Set Rain (12) = 42.9

Set Rain (13) = 96.3

Set Kount = 9

Type (1) = E

Type (2) = H

Type (3) = B

Type (4) = E

Type (5) = H

Type (6) = B

Type (7) = E

Type (8) = H

Type (9) = B

Area (1) = 31557
Area (2) = 9327
Area (3) = 31557
Area (4) = 17338
Area (5) = 13028
Area (6) = 17338
Area (7) = 18176
Area (8) = 10083
Area (9) = 18176

Depth (1) = 4
Depth (2) = 5
Depth (3) = 0.05
Depth (4) = 4
Depth (5) = 8
Depth (6) = 0.05
Depth (7) = 4
Depth (8) = 10
Depth (9) = 0.05

Vol (1) = 126228
Vol (2) = 46635
Vol (3) = 1577.85
Vol (4) = 69352
Vol (5) = 104224
Vol (6) = 866.9
Vol (7) = 72704
Vol (8) = 100830
Vol (9) = 908.8

Bulkd (3,13) = 1.28
Bulkd (6,13) = 1.26
Bulkd (9,13) = 1.04
Pctwa (3,13) = 183
Pctwa (6,13) = 184
Pctwa (9,13) = 194

Froc (*,13) = 0.76
Set pH (1,13) = 7.62
Set pH (2,13) = 6.72
Set pH (4,13) = 7.62
Set pH (5,13) = 6.72

Set pH (7,13) = 7.62
Set pH (8,13) = 6.72

Tcel (1,13) = 26.5
Tcel (2,13) = 25.8
Tcel (3,13) = 24.7
Tcel (4,13) = 26.2
Tcel (5,13) = 24.9
Tcel (6,13) = 24.7
Tcel (7,13) = 26.5
Tcel (8,13) = 25
Tcel (9,13) = 24.7

Set Diso2 (1,13) = 6.20
Set Diso2 (2,13) = 0.29
Set Diso2 (4,13) = 6.20
Set Diso2 (5,13) = 0.29
Set Diso2 (7,13) = 6.20
Set Diso2 (8,13) = 0.29

Set Chl (1,13) = 0.023
Set Chl (2,13) = 0.032
Set Chl (4,13) = 0.023
Set Chl (5,13) = 0.032
Set Chl (7,13) = 0.023
Set Chl (8,13) = 0.032

Set bacpl(*,13) = $3.1e^3$
Set plmas(*,13) = 0.0164
Set bnbac(*,13) = ausencia
Set bnmas(*,13) = ausencia

Set Jfrac(1) = 1
Set Itoad(1) = 4
Set Jfrac(2) = 4
Set Itoad(2) = 7
Set Jfrac(3) = 7
Set Itoad(3) = 0
Set Advpr(1) = 1
Set Advpr(2) = 1
Set Advpr(3) = 1

Jtur (1) = 1
Itur (1) = 2
Jtur (2) = 4
Itur (2) = 5
Jtur (3) = 7
Itur (3) = 8
Jtur (4) = 2
Itur (4) = 3
Jtur (5) = 5
Itur (5) = 6
Jtur (6) = 8
Itur (6) = 9
Jtur (7) = 1
Itur (7) = 4
Jtur (8) = 4
Itur (8) = 7
Jtur (9) = 2
Itur (9) = 5
Jtur (10) = 5
Itur (10) = 8

Xstur (1) = 9327
Xstur (2) = 13028
Xstur (3) = 10083
Xstur (4) = 9327
Xstur (5) = 13028
Xstur (6) = 10083
Xstur (7) = 394
Xstur (8) = 292
Xstur (9) = 302
Xstur (10) = 315

Charl (1) = 4.5
Charl (2) = 6
Charl (3) = 7
Charl (4) = 2.525
Charl (5) = 4.025
Charl (6) = 5.025
Charl (7) = 170
Charl (8) = 170
Charl (9) = 150
Charl (10) = 170

Dsp (1,13) = 41
Dsp (2,13) = 41
Dsp (3,13) = 41
Dsp (4,13) = 2.2 e -4
Dsp (5,13) = 2.2 e -4
Dsp (6,13) = 2.2 e -4
Dsp (7,13) = 41
Dsp (8,13) = 41
Dsp (9,13) = 41
Dsp (10,13) = 41

Store env 4 (opcional el numero para grabar)

Load

Npsld (1,1,*) = 1.81 e⁻³
Npsfl (1,*) = 659.5
Npsfl (4,*) = 659.5
Npsfl (7,*) = 659.5
Npsed (1,13) = 3.294
Npsed (4,13) = 3.294
Npsed (7,13) = 3.294
Sused (*,13) = 9.6
Store load 4

Set Outfil(1) = y
Set outfil (2)= y
Set Fixfil = 1
Run

Caso III Embalse ESPOL Áreas Iguales cota 75

Rec env 1

Env name is Lake ESPOL

Set elev = 75 metros

Set airty (*) = r (rural)

Set Lat = -2.1447

Set Long = -79.9585

Set Rhum (*) = 77.5

Set Cloud (*) = 8

Set wind (1, *) = 1.32

Set wind (4, *) = 1.32

Set wind (7, *) = 1.32

Set Evap (1,*) = 100.63

Set Evap (4,*) = 100.63

Set Evap (7,*) = 100.63

Set Rain (1) = 225

Set Rain (2) = 292

Set Rain (3) = 290.4

Set Rain (4) = 198.7

Set Rain (5) = 60.8

Set Rain (6) = 22.9

Set Rain (7) = 6.2

Set Rain (8) = 0.7

Set Rain (9) = 1.7

Set Rain (10) = 3.6

Set Rain (11) = 10.5

Set Rain (12) = 42.9

Set Rain (13) = 96.3

Set Kount = 9

Type (1) = E

Type (2) = H

Type (3) = B

Type (4) = E

Type (5) = H

Type (6) = B

Type (7) = E

Type (8) = H

Type (9) = B

Area (1) = 12443
Area (2) = 4352
Area (3) = 12443
Area (4) = 12443
Area (5) = 7163
Area (6) = 12443
Area (7) = 12443
Area (8) = 8913
Area (9) = 12443

Depth (1) = 4
Depth (2) = 4
Depth (3) = 0.05
Depth (4) = 4
Depth (5) = 5
Depth (6) = 0.05
Depth (7) = 4
Depth (8) = 5
Depth (9) = 0.05

Vol (1) = 49772
Vol (2) = 21760
Vol (3) = 622.15
Vol (4) = 49772
Vol (5) = 42978
Vol (6) = 622.15
Vol (7) = 49772
Vol (8) = 53478
Vol (9) = 622.15

Bulkd (3,13) = 1.28
Bulkd (6,13) = 1.26
Bulkd (9,13) = 1.04
Pctwa (3,13) = 183
Pctwa (6,13) = 184
Pctwa (9,13) = 194

Froc (*,13) = 0.76
Set pH (1,13) = 7.62
Set pH (2,13) = 6.72
Set pH (4,13) = 7.62
Set pH (5,13) = 6.72

Set pH (7,13) = 7.62
Set pH (8,13) = 6.72

Tcel (1,13) = 26.5
Tcel (2,13) = 25.8
Tcel (3,13) = 24.7
Tcel (4,13) = 26.2
Tcel (5,13) = 24.9
Tcel (6,13) = 24.7
Tcel (7,13) = 26.5
Tcel (8,13) = 25
Tcel (9,13) = 24.7

Set Diso2 (1,13) = 6.20
Set Diso2 (2,13) = 0.29
Set Diso2 (4,13) = 6.20
Set Diso2 (5,13) = 0.29
Set Diso2 (7,13) = 6.20
Set Diso2 (8,13) = 0.29

Set Chl (1,13) = 0.023
Set Chl (2,13) = 0.032
Set Chl (4,13) = 0.023
Set Chl (5,13) = 0.032
Set Chl (7,13) = 0.023
Set Chl (8,13) = 0.032

Set bacpl(*,13) = $3.1e^3$
Set plmas(*,13) = 0.0164
Set bnbac(*,13) = ausencia
Set bnmas(*,13) = ausencia

Set Jfrac(1) = 1
Set Itoad(1) = 4
Set Jfrac(2) = 4
Set Itoad(2) = 7
Set Jfrac(3) = 7
Set Itoad(3) = 0
Set Advpr(1) = 1
Set Advpr(2) = 1
Set Advpr(3) = 1

Jtur (1) = 1
Itur (1) = 2
Jtur (2) = 4
Itur (2) = 5
Jtur (3) = 7
Itur (3) = 8
Jtur (4) = 2
Itur (4) = 3
Jtur (5) = 5
Itur (5) = 6
Jtur (6) = 8
Itur (6) = 9
Jtur (7) = 1
Itur (7) = 4
Jtur (8) = 4
Itur (8) = 7
Jtur (9) = 2
Itur (9) = 5
Jtur (10) = 5
Itur (10) = 8

Xstur (1) = 4352,12
Xstur (2) = 7163,33
Xstur (3) = 8913
Xstur (4) = 4352,12
Xstur (5) = 7163,33
Xstur (6) = 8913
Xstur (7) = 180.5
Xstur (8) = 256.5
Xstur (9) = 216.5
Xstur (10) = 386.25

Charl (1) = 4
Charl (2) = 4.5
Charl (3) = 4.5
Charl (4) = 2.025
Charl (5) = 2.525
Charl (6) = 2.525
Charl (7) = 119
Charl (8) = 119
Charl (9) = 75
Charl (10) = 90

Dsp (1,13) = 41
Dsp (2,13) = 41
Dsp (3,13) = 41
Dsp (4,13) = 2.2 e -4
Dsp (5,13) = 2.2 e -4
Dsp (6,13) = 2.2 e -4
Dsp (7,13) = 41
Dsp (8,13) = 41
Dsp (9,13) = 41
Dsp (10,13) = 41

Store env 5 (opcional el numero para grabar)

Load

Npsld (1,1,*) = 1.81 e⁻³
Npsfl (1,*) = 659.5
Npsfl (4,*) = 659.5
Npsfl (7,*) = 659.5
Npsed (1,13) = 3.294
Npsed (4,13) = 3.294
Npsed (7,13) = 3.294
Sused (*,13) = 9.6
Store load 6

Set Outfil(1) = y
Set outfil(2) = y
Set Fixfil = 1
Run

Caso IV Embalse ESPOL Volúmenes Iguales 75

Rec env 1

Env name is Lake ESPOL

Set elev = 75 metros

Set airty (*) = r (rural)

Set Lat = -2.1447

Set Long = -79.9585

Set Rhum (*) = 77.5

Set Cloud (*) = 8

Set wind (1, *) = 1.32

Set wind (4, *) = 1.32

Set wind (7, *) = 1.32

Set Evap (1,*) = 100.63

Set Evap (4,*) = 100.63

Set Evap (7,*) = 100.63

Set Rain (1) = 225

Set Rain (2) = 292

Set Rain (3) = 290.4

Set Rain (4) = 198.7

Set Rain (5) = 60.8

Set Rain (6) = 22.9

Set Rain (7) = 6.2

Set Rain (8) = 0.7

Set Rain (9) = 1.7

Set Rain (10) = 3.6

Set Rain (11) = 10.5

Set Rain (12) = 42.9

Set Rain (13) = 96.3

Set Kount = 9

Type (1) = E

Type (2) = H

Type (3) = B

Type (4) = E

Type (5) = H

Type (6) = B

Type (7) = E

Type (8) = H

Type (9) = B

Area (1) = 14900

Area (2) = 5661
Area (3) = 14900
Area (4) = 12000
Area (5) = 6878
Area (6) = 12000
Area (7) = 11072
Area (8) = 7630
Area (9) = 11072

Depth (1) = 4
Depth (2) = 4
Depth (3) = 0.05
Depth (4) = 4
Depth (5) = 5
Depth (6) = 0.05
Depth (7) = 4
Depth (8) = 5
Depth (9) = 0.05

Vol (1) = 59600
Vol (2) = 22644
Vol (3) = 745
Vol (4) = 48000
Vol (5) = 34390
Vol (6) = 600
Vol (7) = 44288
Vol (8) = 38150
Vol (9) = 553.6

Bulkd (3,13) = 1.28
Bulkd (6,13) = 1.26
Bulkd (9,13) = 1.04
Pctwa (3,13) = 183
Pctwa (6,13) = 184
Pctwa (9,13) = 194

Froc (*,13) = 0.76
Set pH (1,13) = 7.62
Set pH (2,13) = 6.72
Set pH (4,13) = 7.62
Set pH (5,13) = 6.72
Set pH (7,13) = 7.62

Set pH (8,13) = 6.72

Tcel (1,13) = 26.5

Tcel (2,13) = 25.8

Tcel (3,13) = 24.7

Tcel (4,13) = 26.2

Tcel (5,13) = 24.9

Tcel (6,13) = 24.7

Tcel (7,13) = 26.5

Tcel (8,13) = 25

Tcel (9,13) = 24.7

Set Diso2 (1,13) = 6.20

Set Diso2 (2,13) = 0.29

Set Diso2 (4,13) = 6.20

Set Diso2 (5,13) = 0.29

Set Diso2 (7,13) = 6.20

Set Diso2 (8,13) = 0.29

Set Chl (1,13) = 0.023

Set Chl (2,13) = 0.032

Set Chl (4,13) = 0.023

Set Chl (5,13) = 0.032

Set Chl (7,13) = 0.023

Set Chl (8,13) = 0.032

Set bacpl(*,13) = $3.1e^3$

Set plmas(*,13) = 0.0164

Set bnbac(*,13) = ausencia

Set bnmas(*,13) = ausencia

Set Jfrac(1) = 1

Set Itoad(1) = 4

Set Jfrac(2) = 4

Set Itoad(2) = 7

Set Jfrac(3) = 7

Set Itoad(3) = 0

Set Advpr(1) = 1

Set Advpr(2) = 1

Set Advpr(3) = 1

Jtur (1) = 1

Itur (1) = 2
Jtur (2) = 4
Itur (2) = 5
Jtur (3) = 7
Itur (3) = 8
Jtur (4) = 2
Itur (4) = 3
Jtur (5) = 5
Itur (5) = 6
Jtur (6) = 8
Itur (6) = 9
Jtur (7) = 1
Itur (7) = 4
Jtur (8) = 4
Itur (8) = 7
Jtur (9) = 2
Itur (9) = 5
Jtur (10) = 5
Itur (10) = 8

Xstur (1) = 5661
Xstur (2) = 6878
Xstur (3) = 7630
Xstur (4) = 5661
Xstur (5) = 6878
Xstur (6) = 7630
Xstur (7) = 186
Xstur (8) = 249
Xstur (9) = 226
Xstur (10) = 369

Charl (1) = 4
Charl (2) = 4.5
Charl (3) = 4.5
Charl (4) = 2.025
Charl (5) = 2.525
Charl (6) = 2.525
Charl (7) = 119
Charl (8) = 119
Charl (9) = 75
Charl (10) = 90

Dsp (1,13) = 41
Dsp (2,13) = 41
Dsp (3,13) = 41
Dsp (4,13) = 2.2 e -4
Dsp (5,13) = 2.2 e -4
Dsp (6,13) = 2.2 e -4
Dsp (7,13) = 41
Dsp (8,13) = 41
Dsp (9,13) = 41
Dsp (10,13) = 41

Store env 6 (opcional el numero para grabar)

Load

Npsld (1,1,*) = 1.81 e⁻³
Npsfl (1,*) = 659.5
Npsfl (4,*) = 659.5
Npsfl (7,*) = 659.5
Npsed (1,13) = 3.294
Npsed (4,13) = 3.294
Npsed (7,13) = 3.294
Sused (*,13) = 9.6
Store load 3

Set Outfil(1) = y
Set outfil(2) = y
Set Fixfil = 1
Run

Rutina para corrida modo 1

Set mode= 1
Rec chem 14
Rec env 3,4,5 y 6
Rec load 3
Set outfil(1)= y
Set outfil(2)= y
Set fixfil= 1
Run

Rutina para la corrida modo 2

Rec chem 14
Set mode= 2
Rec env 3,4,5 y 6
Set outfil(1)= y
Set outfil(2)= y
Set tcode= 2
Set tend= 60
Set cint= 1
Set fixfil = 1

Set ichem(1)= 1
Set ichem(2)= 1
Set ichem(3)= 1
Set ichem(4)= 1
Set ichem(5)= 1
Set ichem(6)= 1
Set ichem(7)= 1
Set ichem(8)= 1
Set ichem(9)= 1
Set ichem(10)= 1
Set ichem(11)= 1
Set ichem(12)= 1
Set ichem(13)= 1

Set iseg(1)= 1
Set iseg(2)= 1
Set iseg(3)= 1
Set iseg(4)= 1
Set iseg(5)= 1
Set iseg(6)= 1
Set iseg(7)= 1
Set iseg(8)= 1
Set iseg(9)= 1
Set iseg(10)= 1
Set iseg(11)= 1
Set iseg(12)= 1
Set iseg(13)= 1

Set imass(1)= 4,2
Set imass(2)= 0,9
Set imass(3)= 1,1
Set imass(4)= 0,4
Set imass(5)= 0,2
Set imass(6)= 0,6
Set imass(7)= 0,1
Set imass(8)= 0,7
Set imass(9)= 0,2
Set imass(10)= 0,2
Set imass(11)= 0,2
Set imass(12)= 0,4
Set imass(13)= 0,2

Rutina para la corrida modo 3

Rec chem 14
Set mode= 3
Rec env 3,4,5 y 6
Set outfil(1)= y
Set outfil(2)= y
Set fixfil = 1
Set ichem(1)= 1
Set ichem(2)= 1
Set ichem(3)= 1

Set ichem(4)= 1
Set ichem(5)= 1
Set ichem(6)= 1
Set ichem(7)= 1
Set ichem(8)= 1
Set ichem(9)= 1
Set ichem(10)= 1
Set ichem(11)= 1
Set ichem(12)= 1
Set ichem(13)= 1

Set iseg(1)= 1
Set iseg(2)= 1
Set iseg(3)= 1
Set iseg(4)= 1
Set iseg(5)= 1
Set iseg(6)= 1
Set iseg(7)= 1
Set iseg(8)= 1
Set iseg(9)= 1
Set iseg(10)= 1
Set iseg(11)= 1
Set iseg(12)= 1
Set iseg(13)= 1

Set imass(1)= 4,2
Set imass(2)= 0,9
Set imass(3)= 1,1
Set imass(4)= 0,4
Set imass(5)= 0,2
Set imass(6)= 0,6
Set imass(7)= 0,1
Set imass(8)= 0,7
Set imass(9)= 0,2
Set imass(10)= 0,2
Set imass(11)= 0,2
Set imass(12)= 0,4
Set imass(13)= 0,2

Set nyear= 1
Set year= 2005
Set iday(1)= 24

Set iday(2)= 31
Set iday(3)= 21
Set iday(4)= 7
Set iday(5)= 21
Set iday(6)= 28
Set iday(7)= 4
Set iday(8)= 11
Set iday(9)= 16
Set iday(10)= 27
Set iday(11)= 4
Set iday(12)= 18
Set iday(13)= 25

Set imon(1)= 1
Set imon(2)= 1
Set imon(3)= 2
Set imon(4)= 3
Set imon(5)= 3
Set imon(6)= 3
Set imon(7)= 4
Set imon(8)= 4
Set imon(9)= 5
Set imon(10)= 5
Set imon(11)= 6
Set imon(12)= 7
Set imon(13)= 7

Set iyear(1)= 2005
Set iyear(2)= 2005
Set iyear(3)= 2005
Set iyear(4)= 2005
Set iyear(5)= 2005
Set iyear(6)= 2005
Set iyear(7)= 2005
Set iyear(8)= 2005
Set iyear(9)= 2005
Set iyear(10)= 2005
Set iyear(11)= 2005
Set iyear(12)= 2005
Set iyear(13)= 2005

ANEXO E

FOTOGRAFÍAS DEL EMBALSE DE LA ESPOL

El embalse de la ESPOL en época seca, septiembre del 2005



El embalse de la ESPOI vista desde unas de sus cuencas



Embalse de la ESPOL época de lluvias, febrero 2006



El embalse de la ESPOL vista desde el muelle de la FIMCM



BIBLIOGRAFÍA

1. - BENJAMIN, G. (1997). *Phytochemical Diversity, A source of new industrial products: The Royal Society of Chemistry*, pags. 238-239.
2. - BURNS, L. (2004). *Exposure Analysis Modeling System (EXAMS): User Manual and Documentation*. Environmental Protection Agency (EPA). U.S. Athens, Georgia.
3. - DONALD, M. WAN YING SHIU, KUO CHING MA. (1997). *Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals*. Págs. 56
4. - ESPOL (1998). *Plan de Manejo Ambiental del Campus Gustavo Galindo-ESPOL*. UNIDAD DE PLANIFICACION-ESPOL Guayaquil-Ecuador.
5. - EUROPEAN COMMISSION (2002). *Report for the active substance Glyphosate*. (En línea). Health And Consumer Protection Directorate General. Europe Jan.21, 2002. (ref. de 14 de febrero de 2006).
Disponible en Web:
http://europa.eu.int/comm/food/fs/ph_ps/pro/eva/existing/list1_glyphosate_en.pdf

6. - EXTENSION TOXICOLOGY NETWORK (EXTOXNET). (1996). *Pesticide Information Profiles Glyphosate*. (En línea). USDA/Extension Service/National Agricultural Pesticide Impact Assessment Program. University of California-Davis, Oregon State University, Michigan State University, Cornell University, and the University of Idaho. (ref. de 20 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://ace.ace.orst.edu/info/extoxnet/pips/ghindex.html>.

7. - EYTO, E., IRVINE, K. (2005). *Variation in the Biomass of Functional Groups Comprising the open-water Plankton of Shallow Lakes in Ireland*. (En línea) Biology and Environment, Royal Irish Academy. Vol. 105B, No 1, 53-58. (ref. de 20 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.ria.ie/cgi-bin/ria/papers/100378.pdf>

8. - JANE, C., MUENINGHOFF, K., VIETS, A. (2001). *Pesticide Formulations and Application Systems: A New Century for Agricultural Formulations*. (ref. de 16 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.iupac.org/publications/ci/2002/2403/CI2403.pdf>

9. - MONSATO (2002). *Backgrounder* Authoritative Sources For Glyphosate Information. (En línea). Monsanto Company U.S. July, 2002. (ref. de 20 de marzo de 2006).

Disponible en Web:

http://www.monsanto.com/monsanto/content/products/productivity/roundup/gly_bestsources_bkg.pdf

10. - MONSANTO COMPANY. (2003). *Test Plan for Glyphosate Intermediate (Cas No.: 5994-61-6)*. (En línea). High Production Volume (HPV) Challenge Program. (ref. de 20 de mayo 2005).

Disponible en Web:

<http://www.epa.gov/chemrtk/glypintr/c14947tp.pdf>

11. - MUNAWAR, M.; LYNN, D. (2002). *Planktonic ciliates of the North American Great Lakes*. Aquatic Ecosystem Health and Management. Vol 5, Issue 3.

12. - MUYLACRT, K., VON DER GUCHT, VLOEMAUS, N., MEESTER, L. (2002). *Relationship between Bacterial Community Composition and Bottom-Up versus Top-Down Variables in Four Eutrophic Shallow Lakes*. (En línea) Applied Environmental Microbiology (AEM). (ref. de 15 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=126387>

13. - NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. (2000). The Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. RTECS: Ammonium, ethyl (4-(p-(ethyl(m-sulfobenzyl)amino)-alpha-(o-sulfophenyl)benzylidene)-2,5cyclohexadien-1-ylidene) (msulfobenzyl)-, hydroxide, inner salt, disodium salt. (ref. de 15 de octubre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/bq481908.html>.

14. - NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. (2003). The Registry of Toxic Effects of Chemical Substances. RTECS: 4-Isothiazolin-3-one, 5- chloro-2-methyl-. (ref. de 15 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/nx7c76b2.html>.

15. - NORTHWEST COALITION FOR ALTERNATIVES TO PESTICIDES (NCAP). (2004). *Herbicide Fact Sheet: Glyphosate*. (En línea). JOURNAL OF PESTICIDE REFORM Vol. 24, No. 4. Eugene, Oregon. (ref. de 15 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.pesticide.org/glyphosate.pdf>

16.- SÁNCHEZ, J. (2004). *Flujo en medios porosos: Ley de Darcy*. (En línea). Dpto. Geología-Univ. Salamanca España. (ref. de 15 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://web.usal.es/javisan/hidro>

17. - SCHUETTE, J. (1998). *Environment fate of Glyphosate*. (En línea) Environmental Monitoring & Pest Management, Department of Pesticide Regulation, Sacramento, California. (ref. de 15 de mayo de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.cdpr.ca.gov/docs/empm/pubs/fatememo/glyphos.pdf>

18. - SEDIN, R. (2002). *Planktonic Algae in Lakes*. (En línea). Swedish Environmental Protection Agency. (ref. de 20 de mayo 2005).

Disponible en Web:

<http://www.internet.naturvardsverket.se>

19. - SOLOMON, K., THOMPSON, D. (2003). *Ecological Risk Assessment of the Proposed Use of the Herbicide Imazapyr to Control Invasive Cordgrass (Spartina spp.) in Estuarine Habitat Of Washington State*. (En línea). Journal of Toxicology and Environmental Health 6: (ref. de 20 de junio 2005).

Disponible en Web:

<http://www.spartina.org/referencemtrl/Washington%20ERA-Imazapyr.pdf>

20. - SOPHIE RICHARD, SAFA MOSLEMI, HERBERT SIPAHUTAR, NORA BENACHOUR, AND GILLES-ERIC SERALINI. (2005). *Differential Effects of Glyphosate and Roundup on Human Placental Cells and Aromatase*. (En línea). Environmental Health Perspectives. Laboratoire de Biochimie et Biologie Moléculaire, USC-IN CRA, Université de Caen, Caen, France, Volumen 113 number 6 june 2005. (ref. de 12 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.ehponline.org/members/2005/7728/7728.pdf>

21. - U.S. EPA (1993). *Decision Fact Sheet for Glyphosate*. (En línea). Reregistration Eligibility Decision (RED). Prevention, Pesticides And Toxic Substances (7508W). (Ref. de 13 de noviembre 2005).

Disponible en Web:

<http://www.epa.gov/oppsrrd1/REDs/factsheets/0178fact.pdf>.

22. - U.S. EPA (1997). *Prevention: Pesticides and Toxic Substances*. (En línea). Reregistration Eligibility Decision (RED): 3-Iodo-2-propynyl butylcarbamate (IPBC). (ref. de 15 de noviembre de 2005).

Disponible en Web:

<http://www.epa.gov/pesticides>

23. - U.S. EPA (2005). *EXAMS (Exposure Analysis Modeling System) version 2.98.04.06*. (En línea). Center for Exposure Assessment Models (CEAM) U.S. (ref. de 20 de mayo 2005). Disponible en Web:

<http://www.epa.gov/ceampubl/swater/exams/exams2980406.htm>

24. - WILLIAMS, G., KROESB, R., AND MUNROC, I. (2000). *Safety Evaluation and Risk Assessment of the Herbicide Roundup and Its Active Ingredient, Glyphosate, for Humans*. (En línea). Regulatory Toxicology and Pharmacology Volume 31, Issue 2. (ref. de 22 de julio 2005).

Disponible en Web:

<http://dx.doi.org/10.1006/rtph.1999.1371>