

**MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN  
GÓMEZ, DOLORES Y BOHORQUEZ**

**ALFREDO MOUTHON MARTÍNEZ  
TANIA PATRICIA TAPIA ROYERO**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTA DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ÁREA DE HIDRÁULICA  
CARTAGENA D.T. Y C.  
1.997**

T.  
528.161  
M934

2

**MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN  
GÓMEZ, DOLORES Y BOHORQUEZ**

**ALFREDO MOUTHON MARTÍNEZ  
TANIA PATRICIA TAPIA ROYERO**

**Proyecto de Grado presentado como requisito parcial para  
optar el título de Ingeniero Civil**

**Director  
BENJAMÍN ALVAREZ  
Ingeniero Civil**

34188

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTA DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
ÁREA DE HIDRÁULICA  
CARTAGENA D.T. Y C.  
1.997**

Cartagena de Indias D.T. y C.  
Noviembre 18 de 1997

Señores  
**COMITÉ EVALUADOR DE PROYECTOS**  
Att: Dra **PAULINA RONDON DE DAGER**  
Secretaria Academica.  
Cartagena de Indias D.T. y c.

Respetada doctora,

Por medio de la presente me permito informarle que dirigí y revisé la Tesis de Grado Titulada **MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN GÓMEZ-BOHORQUEZ-DOLORES**, presentada por los alumnos **ALFREDO MOUTHON MARTÍNEZ** Y **TANIA TAPIAS ROYERO**, como requisito para obtener su Grado de Ingeniero Civil.

Cordialmente,



**BENJAMÍN ALVAREZ MARTÍNEZ**

*97-10-12*  
*Perudo para el programa de Ingeniería Civil*

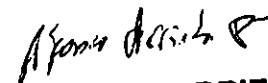
Cartagena de Indias D.T. y C.  
Noviembre 18 de 1997

Señores  
**COMITÉ EVALUADOR DE PROYECTOS**  
Att: Dra **PAULINA RONDON DE DAGER**  
Secretaria Academica.  
Cartagena de Indias D.T. y c.

Respetada doctora,

Por medio de la presente me permito informarle que asesoré y revisé la Tesis de Grado Titulada **MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN GÓMEZ-BOHORQUEZ-DOLORES**, presentada por los alumnos **ALFREDO MOUTHON MARTÍNEZ Y TANIA TAPIAS ROYERO**, como requisito para obtener su Grado de Ingeniero Civil.

Cordialmente,

  
**ALFONSO ARRIETA**

Cartagena de Indias D.T. y C.  
Noviembre 18 de 1997

Señores  
**COMITÉ EVALUADOR DE PROYECTOS**  
Att: Dra **PAULINA RONDON DE DAGER**  
Secretaria Academica.  
Cartagena de Indias D.T. y c.

Respetada doctora,

Por medio de la presente me permito informarle que asesoré y revisé la Tesis de Grado Titulada **MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN GÓMEZ-BOHORQUEZ-DOLORES**, presentada por los alumnos **ALFREDO MOUTHON MARTÍNEZ Y TANIA TAPIAS ROYERO**, como requisito para obtener su Grado de Ingeniero Civil.

Cordialmente,

**JAVIER MOUTHON BELLO**

Cartagena, Noviembre 18 de 1.997

Señores

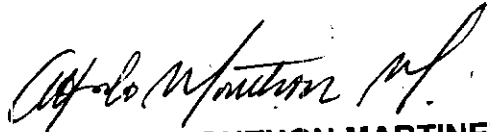
**COMITE EVALUADOR DE PROYECTOS  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

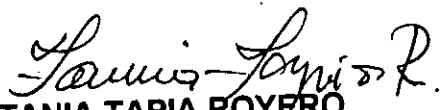
La Ciudad

Estimados Señores :

Nos permitimos presentar a su consideración y aprobación el siguiente proyecto de grado para optar el titulo de Ingeniero Civil, cuyo tema es "Modelación de Calidad de Agua del Sistema Lagunar Juan Gómez, Dolores y Bohorquez".

Sin otro particular y a espera de sus comentarios, nos despedimos

  
**ALFREDO MOUTHON MARTINEZ**  
Código No. 219120224

  
**TANIA TAPIA ROYERO**  
Código No. 219210012

**A MIS PADRES**

QUIENES HAN CREIDO Y APOYADO A CONSEGUIR MIS METAS.

**A BLANQUITA**

QUIEN HA SIDO PARTE DE MI VIDA

GRACIAS..

ALFREDO

*A mis Padres*

*Gracias por ayudarme a cumplir mis sueños más anhelados.*

*A Carlos*

*Por ser mi punto de apoyo en los momentos de soledad.*

*Si has recorrido miles y miles de  
caminos, sientes cansancio, aunque tu  
cuerpo fallezca no mires hacia atrás  
sigue adelante...*

*Tania*



## AGRADECIMIENTOS

Los autores de este proyecto expresan sus agradecimientos a :

La Entidad AGUAS DE CARTAGENA. Por su apoyo ofrecido al proyecto.

Ing. BENJAMÍN ALVAREZ. Director de este proyecto. Por su desinteresada colaboración.

Ing. JAVIER MOUTHON. Asesor del Proyecto. Por el gran apoyo, sugerencias, recomendaciones y colaboración desinteresada.

Ing. ALFONSO ARRIETA. Asesor del Proyecto. Por sus valiosos apuntes y recomendaciones.

La empresa INGESTUDIOS. Por su ayuda técnica.

La Entidad INGEOMINAS, CIOH Y IGAC. Por toda la documentación brindada.

Ing. ALFONSO GHISAYS S. Por la ayuda en el momento más indicado.

Ing. ELSA URUETA. Por todos los conocimientos proporcionados.

Biólogo GAMALIEL MEJÍA. Por la atención oportuna, en una fase del proyecto.

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA. Por todas las experiencias y conocimientos gratos allí recibidos.

A todos los amigos y familiares que de una u otra forma colaboraron para una feliz culminación de este proyecto.

**LISTA DE TABLAS**

- TABLA 3.3.2.1 Estaciones Hidrometeorológicas
- TABLA 3.3.3.1 Valores Medios Mensuales de la Velocidad del Viento (m/s) 1977-1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez.
- TABLA 3.3.4.1 Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C) 1941-1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez.
- TABLA 3.3.5.1 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm) 1941-1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez.
- TABLA 3.3.5.2 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm) 1968-1992 Estación Bayunca
- TABLA 3.3.5.3 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm) 1974-1993 Estación Cañaverál.
- TABLA 3.3.5.4 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm) 1959-1993 Estación de San Estanislao.
- TABLA 3.3.6.1 Valores Medios Mensuales de Humedad Relativa (%) 1941-1996 Estación Aeropuerto Rafael Nuñez .
- TABLA 3.3.7.1 Valores Totales Mensuales de Evaporación (mm) 1971-1996 Estación Aeropuerto Rafael Nuñez.
- TABLA 3.3.8.1 Valores Totales Mensuales de Brillo Solar (Horas) 1976-1996 Estación Aeropuerto Rafael Nuñez.
- TABLA 3.4.1 Características Morfométricas de las Cuencas.
- TABLA 3.5.1 Tipos de Suelos de las Cuencas Hidrográficas.
- TABLA 3.5.2 Geología de las Cuencas Hidrográficas.
- TABLA 3.6.1 Vegetación Típica de la Zona.
- TABLA 3.7.1 Fauna Típica de la Zona.

TABLA 4.2.1	Resultados de los Análisis Físico-Químico.
TABLA 4.2.2	Normas de Calidad de Agua según sus Usos
TABLA 4.2.3	Criterios de Calidad de Agua para Aguas Superficiales.
TABLA 6.1.3	Distribución de Áreas tributarias y Número CN.
TABLA 6.1.4.1	Tiempo de Concentración Promedio T6 y T7.
TABLA 6.1.4.2	Tiempo de Concentración Promedio T1, T4 y T5.
TABLA 6.1.4.3	Tiempo de Concentración Promedio T8
TABLA 6.1.4.4	Tiempo de Concentración Promedio T2 y T3.
TABLA 6.1.5.1.1.1	Hietograma Duración Efectiva 180 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.2	Hietograma Duración Efectiva 60 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.3	Hietograma Duración Efectiva 80 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.4	Hietograma Duración Efectiva 100 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.5	Hietograma Duración Efectiva 130 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.6	Hietograma Duración Efectiva 170 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.7	Hietograma Duración Efectiva 140 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.8	Hietograma Duración Efectiva 190 (min.) Período de Retorno 200 años.
TABLA 6.1.5.1.1.9	Hietograma Duración Efectiva 250 (min.) Período de Retorno 200 años.

TABLA 6.1.5.1.1.10 Hietograma Duración Efectiva 260 (min.) Período de Retorno 200 años.

TABLA 6.1.5.1.1.11 Hietograma Duración Efectiva 290 (min.) Período de Retorno 200 años.

TABLA 6.1.5.1.1.12 Hietograma Duración Efectiva 310 (min.) Período de Retorno 200 años.

TABLA 6.1.5.1.1.1 Hietograma Duración Efectiva 330 (min.) Período de Retorno 200 años.

TABLA 6.1.5.2.1 Caudales Máximos ( $m^3/sg$ ) Período de Retorno Método S.C.S.

TABLA 6.1.5.2.2 Cálculo del Hidrograma de la Cuenca No.1 Período de Retorno 200 años Tiempo de Concentración 4..

TABLA 6.1.5.2.3 Cálculo del hidrograma de la Cuenca No.2 Período de Retorno 200 años Tiempo de Concentración 4..

TABLA 6.1.5.2.4 Cálculo del hidrograma de la Cuenca No.3 Período de Retorno 200 años Tiempo de Concentración 4..

TABLA 6.1.5.2.5 Cálculo del hidrograma de la Cuenca No.4 Período de Retorno 200 años Tiempo de Concentración 4..

TABLA 6.1.5.2.6 Cálculo del hidrograma de la Cuenca No.5 Período de Retorno 200 años Tiempo de Concentración 4..

TABLA 6.1.5.2.7 Cálculo del hidrograma de la Cuenca No.6 Período de Retorno 200 años Tiempo de Concentración 4..

TABLA 6.1.5.2.8. Cálculo del hidrograma de la Cuenca No.7 Período de Retorno 200 años Tiempo de Concentración 4..

TABLA 6.1.6.1.1 Valores de Área Inundada para diferentes Niveles para Diferentes Niveles.

TABLA 6.1.6.1.2 Valores de Área y Volumen Almacenado.

TABLA 6.1.6.2.1 Caudal de salida de la Ciénaga Juan Gómez Condición Actual.

- TABLA 6.1.6.2.2 Caudal de Entrada del Canal del Dique.
- TABLA 6.1.6.3.1 Valores de Caudal de Salida, Área y Volumen de Embalse para Diferentes Niveles de Agua Alternativa 1.
- TABLA 6.1.6.3.2 Valores de Caudal de Salida, Área y Volumen de Embalse para Diferentes Niveles de Agua Alternativa 2.
- TABLA 6.1.6.3.3 Valores de Caudal de Salida, Área y Volumen de Embalse para Diferentes Niveles de Agua Alternativa 3.
- TABLA 6.1.6.3.4 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 1.
- TABLA 6.1.6.3.5 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 2.
- TABLA 6.1.6.3.6 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 3.
- TABLA 6.2.4.1 Datos de Entrada (Condición Inicial con vegetación Escasa).
- TABLA 6.2.4.2 DBO.
- TABLA 6.2.4.3 Nitrógeno Orgánico.
- TABLA 6.2.4.4 Nitrógeno Amoniacal.
- TABLA 6.2.4.5 Nitrito.
- TABLA 6.2.4.6 Nitrato.
- TABLA 6.2.4.7 Oxígeno Disuelto.
- TABLA 6.3.3.1 Velocidades en el Vertedero de Entrada del Canal Conejos-Juan Gómez.
- TABLA 6.3.3.2 Velocidades en el Vertedero de Salida de la Ciénaga Juan Gómez Alternativa No.1.
- TABLA 6.3.3.3 Velocidades en el Vertedero de Salida de la Ciénaga Juan Gómez Alternativa No.2.

TABLA 6.3.3.4 Velocidades en el Vertedero de Salida de la Ciénaga Juan Gómez Alternativa No.3.

TABLA 7.2.2.1 Datos de Entrada (Condición No.2 con vegetación Escasa).

TABLA 7.2.2.2 DBO.

TABLA 7.2.2.3 Nitrógeno Orgánico.

TABLA 7.2.2.4 Nitrógeno Amoniacal.

TABLA 7.2.2.5 Nitrito.

TABLA 7.2.2.6 Nitrato.

TABLA 7.2.2.7 Oxígeno Disuelto.

TABLA 7.2.2.8 Datos de Entrada (Condición No.3 con vegetación Escasa).

TABLA 7.2.2.9 DBO.

TABLA 7.2.2.10 Nitrógeno Orgánico.

TABLA 7.2.2.11 Nitrógeno Amoniacal.

TABLA 7.2.2.12 Nitrito.

TABLA 7.2.2.13 Nitrato.

TABLA 7.2.2.14 Oxígeno Disuelto.

TABLA 7.2.1 Enfermedades Transmisibles por el Agua.

TABLA 7.2.3.1 Datos de Entrada (Condición No.4 Reforestada).

TABLA 7.2.3.2 DBO.

TABLA 7.2.3.3 Nitrógeno Orgánico.

TABLA 7.2.3.4 Nitrógeno Amoniacal.

TABLA 7.2.3.5	Nitrito.
TABLA 7.2.3.6	Nitrato.
TABLA 7.2.3.7	Oxígeno Disuelto.
TABLA 7.2.3.8	Datos de Entrada (Condición No.5 Reforestada).
TABLA 7.2.3.9	DBO.
TABLA 7.2.3.10	Nitrógeno Orgánico.
TABLA 7.2.3.11	Nitrógeno Amoniacal.
TABLA 7.2.3.12	Nitrito.
TABLA 7.2.3.13	Nitrato.
TABLA 7.2.3.14	Oxígeno Disuelto.
TABLA 7.2.3.15	Datos de Entrada (Condición No.6 Reforestada).
TABLA 7.2.3.16	DBO.
TABLA 7.2.3.17	Nitrógeno Orgánico.
TABLA 7.2.3.18	Nitrógeno Amoniacal.
TABLA 7.2.3.19	Nitrito.
TABLA 7.2.3.20	Nitrato.
TABLA 7.2.3.21	Oxígeno Disuelto.
TABLA 8.2.1	Parámetros Físico-Químicos (Agua de la Conducción de Dolores).
TABLA 8.2.2	Parámetros Físico-Químicos (Agua de la Estación de Gambote).
TABLA 8.2.3	Norma Colombiana para Agua Potable.



## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 3.1.1 Localización Geográfica el Área de Estudio.
- FIGURA 3.2.2.1 Esquema General de la Geología Regional.
- FIGURA 3.2.2.2 Geología de la Cuenca.
- FIGURA 3.3.2.1 Estaciones Hidrometereológicas.
- FIGURA 3.3.5.1 Isolineas de Precipitación en el Dpto. De Bolívar.
- FIGURA 3.3.5.2 Isoyetas para el Dpto. De Bolívar. INGEOMINAS
- FIGURA 3.3.5.3 Precipitación en la Zona del Canal del Dique.IGAC
- FIGURA 3.3.7.1 Mapa de Evapotranspiración y Extracción Biológicamente Seca.
- FIGURA 3.4.1 Subdivisión de la Cuenca hidrógrafica.
- FIGURA 3.5.1 Tipos de Suelos de la Cuenca.
- FIGURA 3.6.1 Zona De Vida Del Área De Estudio
- FIGURA 3.8.1 Cobertura y Uso de la Tierra
- FIGURA 4.2.1 Puntos de Toma de Muestras
- FIGURA 5.1.6.1 Hidrograma Adimensional
- FIGURA 5.2.7.1.1 Ciclo del Nitrógeno.
- FIGURA 5.2.7.1.2 Interrelación de los Compuestos del Nitrógeno en un Medio Acuático.
- FIGURA 6.2.6.1 Distribución de Celdas Para el Modelo Ambiental.
- FIGURA 6.1.5.1.1 Hietograma Duración Efectiva 180 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.2 Hietograma Duración Efectiva 60 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.3 Hietograma Duración Efectiva 80 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.4 Hietograma Duración Efectiva 100 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.5 Hietograma Duración Efectiva 130 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.6 Hietograma Duración Efectiva 170 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.7 Hietograma Duración Efectiva 140 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.8 Hietograma Duración Efectiva 190 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.9 Hietograma Duración Efectiva 250 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.10 Hietograma Duración Efectiva 260 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.11 Hietograma Duración Efectiva 290 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.12 Hietograma Duración Efectiva 310 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.1.1.1 Hietograma Duración Efectiva 330 (min.) Período de Retorno 200 años.

FIGURA 6.1.5.2.1.1 Hidrograma S.C.S. Cuenca No 1 Período de Retorno 200 Años Tiempo de Concentración 4

FIGURA 6.1.5.2.1.2 Hidrograma S.C.S. Cuenca No 2 Período de Retorno 200 Años Tiempo de Concentración 4

FIGURA 6.1.5.2.1.3 Hidrograma S.C.S. Cuenca No 3 Periodo de Retorno 200 Años Tiempo de Concentración 4

FIGURA 6.1.5.2.1.4 Hidrograma S.C.S. Cuenca No 4 Periodo de Retorno 200 Años Tiempo de Concentración 4

FIGURA 6.1.5.2.1.5 Hidrograma S.C.S. Cuenca No 5 Periodo de Retorno 200 Años Tiempo de Concentración 4

FIGURA 6.1.5.2.1.6 Hidrograma S.C.S. Cuenca No 6 Periodo de Retorno 200 Años Tiempo de Concentración 4

FIGURA 6.1.5.2.1.7 Hidrograma S.C.S. Cuenca No 7 Periodo de Retorno 200 Años Tiempo de Concentración 4

FIGURA 6.1.6.1.1 Área Inundable Vs Nivel.

FIGURA 6.1.6.2.1 Estructuras de Entrada y Evacuación de Aguas.

FIGURA 6.1.6.3.1 Diagrama de Flujo Para el Método Runge - Kutta

FIGURA 6.1.6.3.2 Variación de Niveles Método Runge Kutta Ciénaga de Juan Gómez Alternativa No 1,2 y 3.

FIGURA 6.1.6.3.3 Hidrograma del Caudal de Entrada y Salida Para el Transito Ciénaga Juan Gómez Alternativa No 1

FIGURA 6.1.6.3.4 Hidrograma del Caudal de Entrada y Salida Para el Transito Ciénaga Juan Gómez Alternativa No 2

FIGURA 6.1.6.3.5 Hidrograma del Caudal de Entrada y Salida Para el Transito Ciénaga Juan Gómez Alternativa No 3

FIGURA 6.2.6.2 DBO.

FIGURA 6.2.6.3 Nitrógeno Orgánico.

FIGURA 6.2.6.4 Nitrógeno Amoniacal.

FIGURA 6.2.6.5 Nitrito.

FIGURA 6.2.6.6 Nitrate.

- FIGURA 6.2.6.7 Oxígeno Disuelto.
- FIGURA 6.3.3.1 Variación de la Velocidad en Diferentes Niveles Vertedero de Salida Juan Gómez - Dolores
- FIGURA 6.3.3.2 Variación de la Velocidad en Diferentes Niveles Vertedero de Entrada Juan Gómez - Conejos
- FIGURA 6.3.3.3 Variación de la Velocidad en Diferentes Niveles Vertedero de Salida Juan Gómez - Bohorquez.
- FIGURA 8.2.1 Rangos Típicos del Coeficiente de Difusión Para Diversos Procesos de Mezcla.
- FIGURA 8.2.2 Demanda Bioquímica de Oxígeno
- FIGURA 8.2.3 Oxígeno Disuelto en Diferentes Escenarios
- FIGURA 8.2.4 Nitrógeno Orgánico en Diferentes Escenarios
- FIGURA 8.2.5 Nitrógeno Amoniacal en Diferentes Escenarios
- FIGURA 8.2.6 Nitritos en Diferentes Escenarios
- FIGURA 8.2.7 Nitratos en Diferentes Escenarios
- FIGURA 8.2.8 Plan de Recuperación de Humedales y Reforestación.

**TABLA DE CONTENIDO**

INTRODUCCIÓN .....	1
1. OBJETIVOS .....	3
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
2. ANTECEDENTES .....	5
3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO AMBIENTAL DEL ÁREA EN ESTUDIO	10
3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	10
3.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....	12
3.2.1 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO .....	12
3.2.2 GEOLOGÍA .....	14
3.3 METEOROLOGÍA .....	18
3.3.1 CLIMA .....	18
3.3.2. ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS .....	19
3.3.3 VIENTOS .....	20
3.3.4 TEMPERATURA .....	21
3.3.5 PRECIPITACIÓN .....	21
3.3.6 HUMEDAD RELATIVA .....	23
3.3.7 EVAPORACIÓN .....	24

3.3.8 BRILLO SOLAR .....	25
<b>3.4 HIDROGRAFÍA .....</b>	<b>26</b>
3.4.1 CUENCA HIDROGRÁFICA DE DOLORES .....	27
3.4.2 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ARROYO DE CASCAJO.....	27
3.4.3 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ARROYO QUITA CALZÓN Y ARROYITO.....	27
3.4.4 CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA PARCELACIÓN DE JINETE...	28
3.4.5 CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA GLORIA.....	28
3.4.6 CUENCA HIDROGRÁFICA DE CAÑA DE FISTOLA Y ADRIANA.	29
3.4.7 CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA CAROLINA Y SANTA ISABEL.	29
<b>3.5 SUELOS .....</b>	<b>29</b>
3.5.1. COMPLEJO CAIMITAL .....	30
3.5.2 ASOCIACIÓN JUAN BLANCO (JGp).....	32
3.5.3 COMPLEJO LOMA LARGA (LE).....	33
3.5.4 ASOCIACIÓN PALMA DULCE (PM).....	34
3.5.5 ASOCIACIÓN TINAJITA (TN).....	36
3.5.6 ASOCIACION TIGRE VIEJO (TP).....	37
<b>3.6 VEGETACION.....</b>	<b>39</b>
3.6.1 ZONAS DE COLINAS .....	40
3.6.2 PLANICIES DE AFLUENTES DEL MAGDALENA.....	40
3.6.3 PLANICIE DEL RIO MAGDALENA .....	41

<b>3.7 FAUNA</b> .....	42
<b>3.8 USO Y MANEJO DEL SUELO</b> .....	44
3.8.1 SUBCLASE IIIs .....	45
3.8.2 SUBCLASE IIIse .....	46
3.8.3 SUBCLASE Ives.....	47
3.8.4 SUBCLASE VIhs .....	48
3.8.5 SUBCLASE Vies .....	49
<b>3.9 ASPECTOS ECOLÓGICOS</b> .....	50
3.9.1 ECOSISTEMA TERRESTRE .....	50
3.9.2 ECOSISTEMA ACUATICO CONTINENTAL .....	51
<b>4. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA</b> .....	53
<b>4.1 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES EN EL SISTEMA</b> ....	53
4.1.1 ESTACIÓN DE BOMBEO EN CONEJO.....	53
4.1.2 CANAL CONEJOS - JUAN GÓMEZ.....	56
4.1.3 CANAL JUAN GÓMEZ - DOLORES .....	57
4.1.4 ESTACIÓN DE BOMBEO EN DOLORES .....	57
<b>4.2 ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE AGUAS</b> .....	58
4.2.1. OXÍGENO DISUELTO.....	59
4.2.2. SÓLIDOS TOTALES .....	61
4.2.3. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO .....	61
4.2.4. SALINIDAD .....	62

4.2.5. NITRÓGENO Y FÓSFORO..... 62

5. MARCO TEORICO..... 66

5.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA..... 66

5.1.1 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)..... 67

5.1.2 CURVAS DE INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA..... 70

5.1.3 HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO UTILIZANDO  
LAS RELACIONES IDF..... 72

5.1.4 METODO SCS DE ABSTRACCIONES..... 73

5.1.5 HIDROGRAMA UNITARIO..... 75

5.1.6 HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO..... 76

5.1.7 TRÁNSITO DE SISTEMAS AGREGADOS ..... 78

5.2 MODELO DE CALIDAD DE AGUAS..... 81

5.2.1 DIFUSIÓN ..... 81

5.2.2 ADVECCIÓN..... 83

5.2.3 REACCIÓN ..... 83

5.2.4 MODELO AMBIENTAL..... 84

5.2.5 MODELACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO  
(DBO)..... 89

5.2.6 FÓSFORO ..... 93

5.2.7 NITRÓGENO..... 95

5.2.8 MODELACION DE OXÍGENO DISUELTO (O.D)..... 98



5.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	102
5.3.1 VERTEDEROS DE PARED GRUESA.....	103
6. METODOLOGÍA.....	106
6.1 MODELO HIDROLÓGICO.....	106
6.1.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	106
6.1.3 NÚMERO DE CURVAS (CN).....	108
6.1.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y DURACIÓN EFECTIVA.....	108
6.1.5 GENERACIÓN DE CAUDALES.....	109
6.1.6. TRÁNSITO DE CRECIENTES.....	111
6.2 MODELO DE CALIDAD DE AGUAS.....	117
6.2.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	117
6.2.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	118
6.2.3 BALANCE DE CAUDALES.....	118
6.2.4 ESQUEMA DE HOJA DE CÁLCULO.....	122
6.2.6 CALIBRACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD DE AGUAS.....	125
6.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	127
6.3.1 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS VERTEDEROS.....	128
6.3.2 GENERACIÓN DE CAUDALES.....	129
6.3.3 VELOCIDAD EN PUNTOS DE ENTRADA Y SALIDA DE CAUDAL.....	129
7. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS.....	131
7.1 MODELO HIDROLÓGICO.....	131

7.1.1 ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIÓN .....	132
<b>7.2 MODELACION DE CALIDAD DE AGUAS .....</b>	<b>132</b>
7.2.2 ALTERNATIVAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL CON LA VEGETACIÓN ACTUAL.....	133
7.2.3 ALTERNATIVAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL REFORESTANDO LA ZONA DE ESTUDIO. ....	134
<b>7.3 MODELO HIDRÁULICO .....</b>	<b>134</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>136</b>
<b>8.1 MODELO HIDROLÓGICO.....</b>	<b>136</b>
Alternativa No. 2.....	139
Alternativa No. 3.....	140
<b>8.2 MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUAS .....</b>	<b>141</b>
<b>8.3 MODELO HIDRÁULICO .....</b>	<b>156</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>158</b>

## INTRODUCCIÓN

La Ciudad de Cartagena es abastecida de agua potable en un setenta por ciento (70%) por el complejo lagunar formado por las Ciénagas de Juan Gómez , Bohorquez y Dolores, comunicado entre sí. Este sistema a su vez es abastecido por el Canal del Dique en épocas de niveles altos y por la estación de Bombeo de Conejos en época de estiaje.

La estación de Bombeo de Dolores es la encargada de transportar hacia Cartagena un caudal aproximado de 240 000 m<sup>3</sup>/día.

Aparte de ser abastecida la ciudad de Cartagena por el sistema lagunar, este también es aprovechado por los habitantes de las poblaciones aledañas a éste, los cuales no tienen servicios públicos y todas sus necesidades son suplidas por el sistema lagunar.

En esta zona sólo se han ejecutado diversos estudios en el Canal del Dique, pero dentro del sistema lagunar no se conocen estudios realizados sobre planes de saneamiento y manejo ambiental, sin embargo se tienen proyectado reconstrucciones de algunos sectores para el confinamiento de las aguas del sistema lagunar durante las épocas de estiaje.

Nuestro estudio propone el uso de tres modelos matemáticos : Hidrológico, Hidráulico y de Calidad de Aguas, como herramienta para poder simular el comportamiento de los cuerpos de agua internos y poder pronosticar los diversos fenómenos ambientales.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un modelo de calidad del agua del sistema lagunar de Juan Gómez – Dolores – Bohorquez fundamentado en los resultados de la interacción de las variables hidráulicas, hidrológicas y ambientales con el fin de determinar su funcionamiento y el impacto que causa al utilizarla como fuente de abastecimiento de agua potable para la ciudad de Cartagena.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un modelo hidrológico que nos permita conocer el caudal que por escorrentía se vierte en las lagunas de Juan Gómez – Dolores – Bohorquez y a la vez indique las variaciones de niveles y los sitios de

posible inundación.

- Determinar un modelo de calidad de agua que tenga en cuenta los procesos de advección, difusión y reacción para la cuantificación de la demanda de oxígeno disuelto presente.
- Adaptar un modelo hidráulico a las características reales del sistema lagunar de Juan Gómez-Dolores-Bohorquez para así determinar las velocidades de entrada y de salida del sistema y en sitios estratégicos.
- Aplicar los resultados obtenidos en los modelos hidráulico, hidrológico y ambiental para así desarrollar las posibles soluciones ambientales al sistema.

## 2. ANTECEDENTES

Las investigaciones realizadas sobre modelación ambiental son variadas, a continuación se enumerarán las que están relacionadas con nuestro proyecto:

El Ingeniero Edgar Ricardo Alvarado Reyes en 1975 elaboró un "Modelo Hidrodinámico Numérico de una sección vertical representativa de la Bahía de Cartagena"; el cual estudia el proceso teórico de intercambio turbulento de masa y momento en un plano vertical, para aplicarlo posteriormente en la práctica, mediante el desarrollo de un modelo hidrodinámico numérico de una sección vertical ubicada frente a la desembocadura del Canal del Dique en la bahía de Cartagena. En el modelo se presentan los procesos hidrodinámicos de la advección, difusión de calor y la salinidad, utilizando para esto los datos observados en el área de estudio.

En 1984 Hidrotec, Fonade, Edurbe realizan el proyecto para el mejoramiento del sistema de Caños, Lagunas y Ciénagas de la ciudad de Cartagena; el cual investiga el comportamiento hidráulico de este para diferentes alternativas (modelo hidráulico), y un modelo ambiental que calcule la concentración del oxígeno.

Los Ingenieros Civiles Mario Díaz-Granados y Javier Mouthón elaboraron la Modelación Hidrológica Ambiental de la Ciénaga de la Virgen, la cual presenta los diferentes fenómenos que se presentan en el agua contaminada tales como advección, difusión y reacción, con la carga de demanda bioquímica de oxígeno disuelto (DBO).

Los Ingenieros Dalia Moreno, Alfonso Arrieta y José Horrillo presentan el proyecto Respuesta del Sistema de la Virgen - Caños de Cartagena a los cambios en las secciones de comunicación, utilizando el modelo hidráulico ACES bajo diferentes alternativas para estudiar los valores máximos de caudal en función de la profundidad y la variación de los niveles con respecto al tiempo para cada una de ellas.

De los estudios realizados en la zona del Canal del Dique se citarán los de



mayor importancia en el ámbito ambiental, como son:

En 1.990 el Biólogo Gerardo Villa en el Laboratorio de Ensayos Hidráulicos del Ministerio de Obras Públicas y Transporte, Dirección de Navegación y Puertos elaboró el estudio de "Impacto del Dragado en las zonas de Manglar del Canal del Dique"; el cual evalúa el área del caño Lequerica en lo referente al deterioro del manglar y sus perspectivas, en asociación con el avance de la barra sedimentadora del mismo en la bahía de Barbacoas. Para la evaluación del estado del manglar se diseñó una metodología que permitiera establecer el estado real del bosque, basando el muestreo en el método del transecto con parcelas de área definida, a partir de lo cual se obtuvo un coeficiente de deterioro arbóreo que involucra los caracteres estructurales básicos.

El Centro de Investigación Oceanográfica e Hidrográfica (C.I.O.H.), realiza en 1.992 el estudio de "La Dinámica de la Pluma de Turbidez del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena", el cual analiza cuatro imágenes de satélite SPOT, tomadas por el radiómetro Alta Resolución Visible (ARV) operando con modo multiespectral; cada imagen fue corregida radiométricamente en términos de reflectancia dispersa y calibrada con base en la concentración de

sólidos en suspensión medido en NTU. Los resultados obtenidos son de interés para la calibración de Modelos temáticos de la dinámica de la bahía de Cartagena de Indias; así como su aplicación en la formulación de planes de contingencia en situaciones de algún tipo de contaminación.

En 1993 el Consorcio Carinsa - Incoplán Ltda. elaboró para el Ministerio de Obras Públicas y Transporte (MOPT)-Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo (FONADE), el proyecto "Actividades de Dragado del Canal del Dique, Estudio de Impacto Ambiental". Este estudio de impacto ambiental consistió en la confrontación de un estado actual de medios físico, biótico y antrópico en las zonas de influencia del proyecto que constituyen la Oferta Ambiental; y con la descripción de las actividades y procesos del proyecto que causen afecciones, conformando la Demanda Ambiental. En la determinación de la importancia de las interacciones resultantes entre los elementos ambientales vs. las actividades y procesos del proyecto, mediante una metodología desarrollada especialmente para este estudio; la jerarquización y evaluación de los efectos de deterioro y finalmente el diseño de las estrategias de manejo para la mitigación de los mismos.

Es importante resaltar que los estudios realizados en el área han sido

dirigidos al Canal del Dique, siendo pocas las investigaciones que se han basado en las ciénagas que se encuentran en esta zona, por lo que no se han dedicado esfuerzos para determinar los beneficios y perjuicios que causa este sobre el sistema lagunar. Es fundamental determinar un modelo ambiental que defina el funcionamiento del sistema y el impacto que se presenta por la extracción de agua para el acueducto de Cartagena.

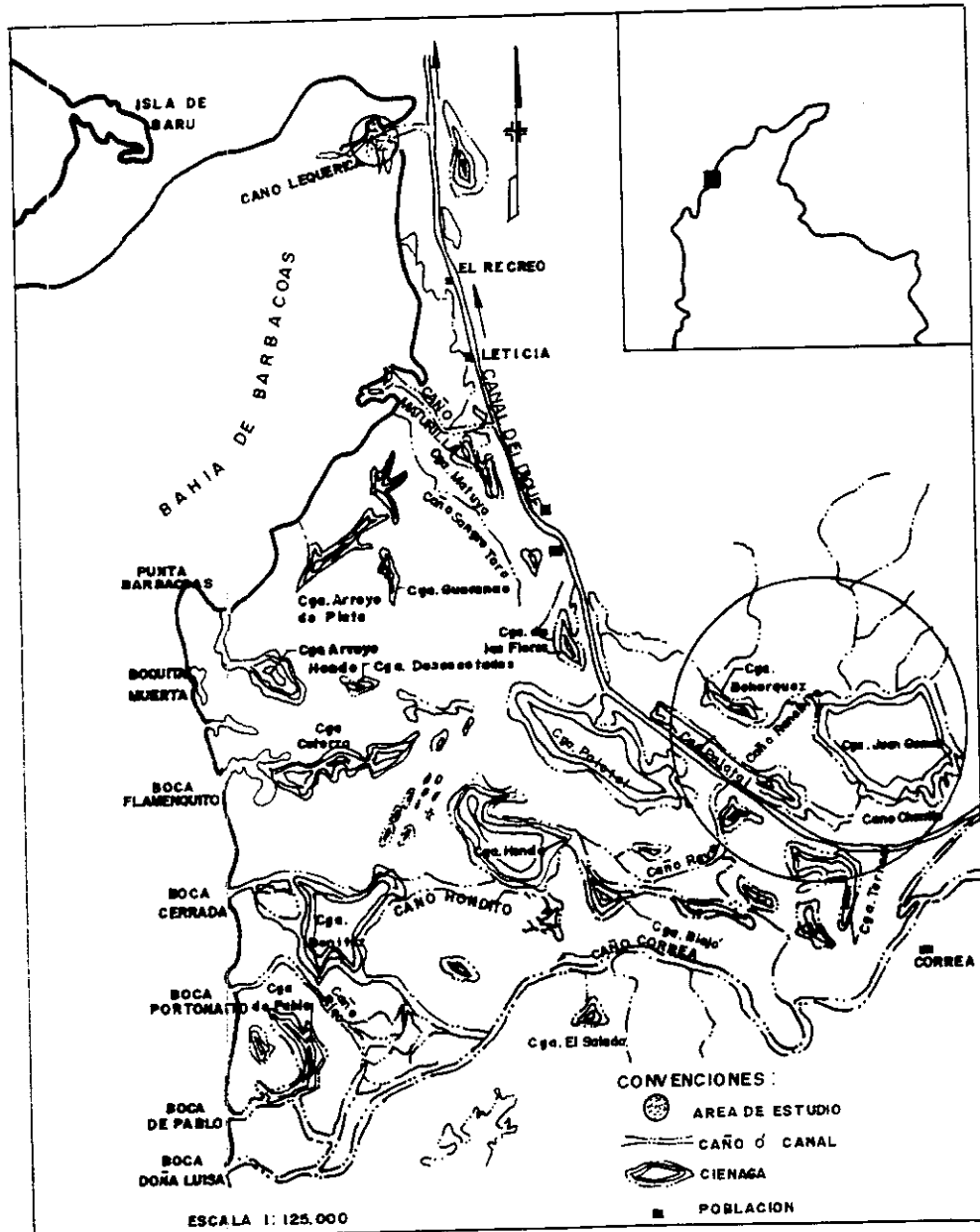
### 3. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO AMBIENTAL DEL ÁREA EN ESTUDIO

#### 3.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El área en estudio se encuentra ubicada en la costa Caribe Colombiana, Departamento de Bolívar, a unos 40 Kms en línea recta al sudeste de la ciudad de Cartagena, y a unos 28 Km. en línea recta al sudeste de Mamonal. Su forma es un tanto irregular por lo cual resulta difícil circunscribirla dentro de coordenadas geográficas precisas. En general puede decirse que se extiende desde los 1.604.900 metros Norte hasta 1.614.900 metros Norte y desde los 847.750 metros Este hasta 859.400 metros Este. Su orilla sur sigue más o menos la curva que hace el Canal del Dique entre los Kms 82 y 87, y la distancia desde Canal es de aproximadamente 1 Km. Presentándose un área inundable de 33.45 Km<sup>2</sup>. Ver Figura 3.1.1.

La Ciénaga de Juan Gómez está ubicada entre las coordenadas 1.605.800

# LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO



PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTENIDO: LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO
MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN GOMEZ, BORQUES, DOLORES	DIRECTOR: BENJAMIN ALVAREZ
INTEGRANTES: ALFREDO MOUTHON TANIA TAPAS	ESCALA:                      FECHA: NOV. / 1997

FIGURA N°  
  
3 . 1 . 1.

metros Norte, 855.800 metros Este y 1608.800 metros Norte, 852.200 metros Este. La longitud de su borde u orilla es de 14.4 Km. Su longitud máxima a lo largo de un eje NW-SE es de 4.34 Km y su ancho máximo a lo largo de un eje NW-SE es de 3.5 Km. para una extensión total de 19.03 Km<sup>2</sup>, un área espejo de agua de 8.50 Km<sup>2</sup> y una profundidad promedio de 1.20 m. Esta ciénaga se comunica con el Canal del Dique por el Canal Conejos-Juan Gómez y con la ciénaga de Dolores por el Canal Juan Gómez-Dolores.

La Ciénaga de Bohorquez esta localizada entre las latitudes Norte 1.608.200 metros y 1.609.400 metros y las longitudes 849.000 metros Este y 850.500 metros, posee una extensión inundable de 6.91 Km<sup>2</sup> y una superficie de agua de 0.85 Km<sup>2</sup>. Está comunicada con la ciénaga de Juan Gómez por el Canal Juan Gómez-Bohorquez y con la ciénaga de Dolores por el Canal Viejo Bohorquez.

La Ciénaga de Ranchito o Palotalito entre las coordenadas 1.605.500 metros Norte, 852.500 metros Este y 1.608.200 metros Norte, 848.200 metros Este. Posee una área inundable de 7.51 Km<sup>2</sup> y una área espejo de agua de 2.46 Km<sup>2</sup>. En época de verano queda aislada del Canal del Dique y del sistema lagunar Juan Gómez-Bohórquez. La estación de bombeo de Conejos se

encuentra en las coordenadas 1.606.500 Norte y 856.000 Este, con una cota máxima de nivel de agua de 2.80 m. y la estación de bombeo de Dolores en 1.610.200 Norte y 848.000 Este.

## **3.2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

### **3.2.1 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO**

Según el estudio realizado por ACUACAR [1], la Ciénaga de Juan Gómez está integrada dentro de la región baja continental. La planicie más importante es la formada por la llanura recorrida por el canal artificial del Dique, que en gran parte está ocupada por un complejo sistema de Ciénagas y canales abandonados correspondiendo a la zona más fácilmente inundable durante las épocas de lluvia.

La región baja del Canal del Dique pertenece al sistema fluvial del río Magdalena, que en un pasado descargaba al mar por esta zona un volumen de agua y sedimentos mucho mayor que en la actualidad, a juzgar por la anchura de los tributarios inactivos que han sido determinados mediante

fotografías aéreas.

A lo largo del Canal del Dique se han observado dos niveles de terrazas aluviales, descritos en los sectores aledaños a la Ciénaga de Juan Gómez, correspondientes a episodios sucesivos de decrecimiento de la energía de los antiguos brazos del río Magdalena, permitiendo el encajonamiento del lecho sobre sus propios sedimentos.

El más antiguo conformado por las gravas de Rotinet, muestra topográficamente mayores alturas, al norte de la Ciénaga de Juan Gómez, estos depósitos están ligeramente plegados en sentido NE alcanzando en algunos sectores los 75m de altura sobre las planicies del Canal del Dique. En las inmediaciones de Ciénaga estos depósitos afloran con menores espesores y con alturas que no sobrepasan los 30m sobre el nivel del mar, con un drenaje subparalelo desintegrado.

El segundo nivel conformado por los depósitos de terrazas aluviales está muy profusamente representado, constituyendo el borde norte de la Ciénaga misma. Este nivel es muy continuo a lo largo del canal y se diferencia por una morfología superior plana y una ligera pendiente hacia la actual llanura

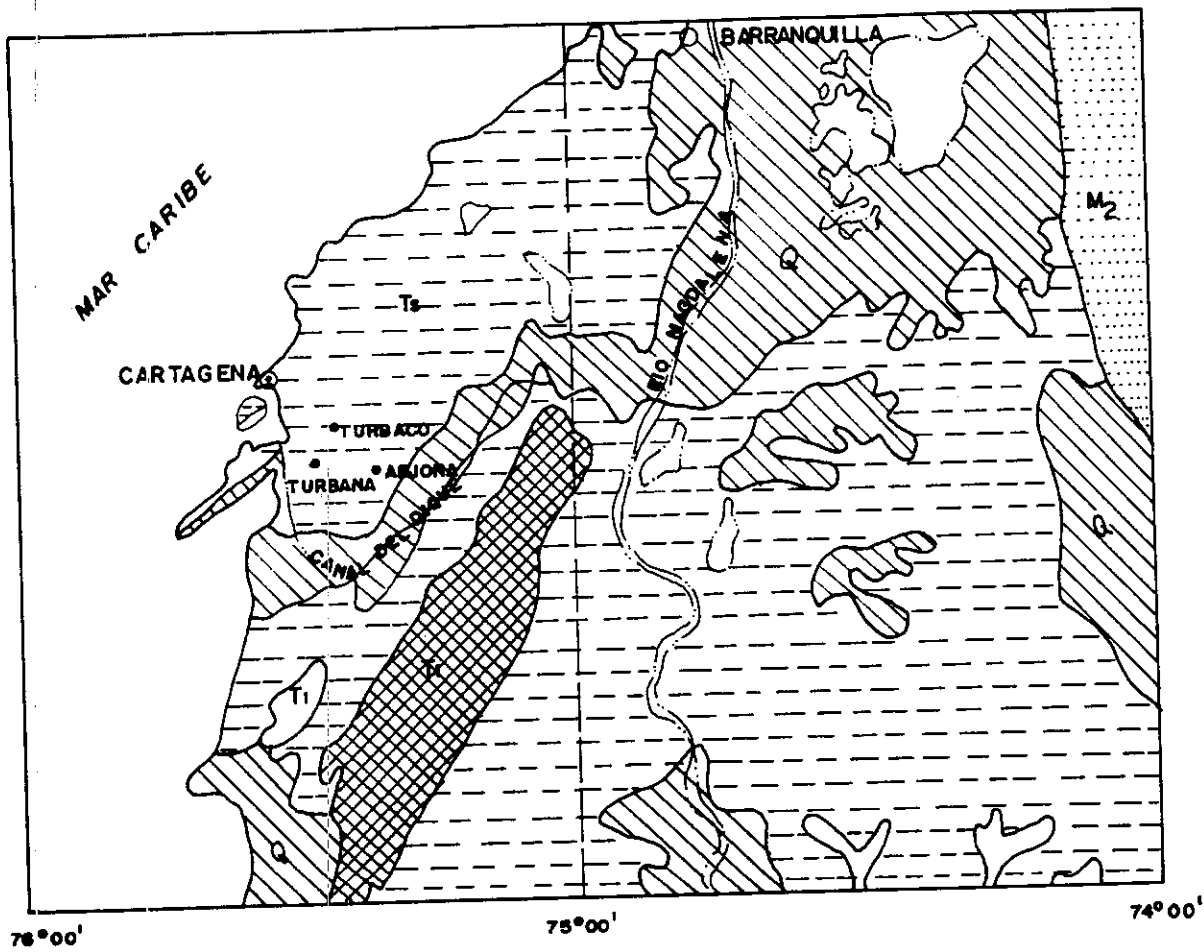


aluvial.

En la actualidad estas terrazas han sido retrabajadas por los arroyos tributarios del Canal con la velocidad de profundización relativamente alta, que en algunos casos han sobrepasado el nivel inferior de las terrazas llegando incluso a socavar a la roca que la subyace. Los taludes cortados en las terrazas son prácticamente verticales y su separación muy reducida generando pequeños valles encajonados.




### **3.2.2 GEOLOGÍA**

Realizando una síntesis simplificada de la geología, de acuerdo con el Mapa Geológico de los departamentos de Atlántico y Bolívar al norte del Canal del Dique [20] y [19], podemos dividir el área en dos unidades geológicamente muy dispares. Ver Figuras 3.2.2.1 y 3.2.2.2.




CONVENCIONES GEOLOGICAS

ROCAS SEDIMENTARIAS :

-  Cuaternario
-  Terciario Superior
-  Terciario inferior

ROCAS METAMORFICAS :

-  Migmatitas homogéneas y heterogéneas

 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> <small>Facultad de Ciencias e Ingenierías</small>	<b>PROYECTO</b> <b>TESIS DE GRADO</b>	<b>CONTENIDO:</b> <b>ESQUEMA GENERAL DE LA GEOLOGIA REGIONAL.</b>	<b>FIGURA N°</b>  <b>3.2.2.1.</b>
	<b>MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR</b> <b>JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES.</b>	<b>DIRECTOR:</b> <b>BENJAMIN ALVAREZ</b>	
	<b>INTEGRANTES:</b> <b>ALFREDO MOUTHON</b> <b>TANIA TAPIAS</b>	<b>ESCALA:</b>	<b>FECHA:</b> <b>NOV. / 1997</b>

### **Terrenos Montañosos Antiguos Fuertemente Tectonizados.**

Conformados a su vez por los cinturones del Sinú y San Jacinto que influyen secuencias sedimentarias con facies pelágicas y hemipelágicas muy deformadas, secuencias turbidíticas menos deformadas y secuencias marinas someras poco deformadas.

**Turbiditas de Luruaco (T16).** Son las secuencias de rocas más antiguas que afloran en el área, a unos 2 Kms al norte de la población de Rocha. Litológicamente esta unidad consta de dos conjuntos siguientes de muro a techo:

- El inferior formado por alternancias de lodolitas grises y areniscas de grano medio a grueso.
- El intermedio compuesto principalmente de areniscas conglomeráticas cuarzosas e intercalaciones de lodolitas con foraminíferos y concreciones calcáreas.

- El superior representado lodolitas, arcillolitas, areniscas calcáreas de diferente granulometría y lodolitas silíceas hacia el techo.

En esta unidad se observan buzamientos entre 30° y 80° y su espesor sobrepasa los 2000 m; su ambiente de deposición fue marino de somero a profundo durante el Paleoceno-Eoceno superior.

### **Terrenos Llanos Recientes**

Son materiales depositados durante el cuaternario en discordancia sobre la unidad anterior. Se dividen en tres grupos:

- **Gravas de Rotinet (Q7).** Se localizan en pequeños parches al este de la Ciénaga de Juan Gómez en discordancia sobre los afloramientos de formaciones terciarias. La litología consta de una secuencia de sedimentos continentales no consolidados conformados por gravas, gravillas, conglomerados polimícticos, arenas de grano medio a grueso, arcillolitas y lodolitas, material que en su mayoría fue transportado por el río Magdalena y sus tributarios menores. El espesor de esta unidad es

muy variable de 20 a 100 m y se depositó durante el Pleistoceno medio superior en un ambiente deltáico.

- **Depósitos de Terrenos Aluviales (Q6).** Se localizan en la margen norte del Canal del Dique, particularmente entre la Ciénaga de Juan Gómez y las Turbiditas de Luruaco sobre las cuales se depositaron en clara discordancia. Están compuestos por sedimentos limo-arcillosos en la parte superior. Hacia la base hay intercalaciones de gravas, arenas gruesas y limos, aunque en algunos sitios hay un claro predominio arenoso. Se aportan espesores de entre 10 y 60 m. Esta unidad de porosidad primaria, se depositó en un ambiente fluvial cenagoso.
- **Depósitos Aluviales (Q3).** Sobre este tipo de materiales se ha desarrollado casi la totalidad de la Ciénaga de Juan Gómez. Estos materiales se restringen al área inundable del Canal del Dique durante la época de lluvias lo cual no se extiende mas allá de 4 Km a cada lado del Canal y que en gran parte está ocupada por las llamadas Ciénagas. Se compone de sedimentos tamaño lodo, arena y grava, con algún contenido de fósiles recientes y retrabajados. En general su espesor varía de 5 a 10 m.

### 3.3 METEOROLOGÍA

#### 3.3.1 CLIMA

En los alrededores de la cuenca del sistema lagunar las estaciones meteorológicas del Himat son las de Cañaveral, Rocha, Aeropuerto Rafael Nuñez y la estación de Santa Ana, de estas estaciones la de mayor consistencia y longitud de registro presente es la del Aeropuerto Rafael Nuñez, por lo tanto la mayor información que aquí se presenta se refiere a esta.

Según datos de la estación 1401502 del IDEAM, localizada en el Aeropuerto Rafael Nuñez de la ciudad de Cartagena el clima de la región es homogéneo y tropical de tipo estepa, presentando cambios suaves de temperatura en el transcurso del año. La temperatura promedio es de 27.7 °C, siendo los meses de mayo hasta septiembre los más calurosos presentándose hasta temperaturas promedios mensuales de 29.9 °C. De diciembre hasta marzo son los meses de menor temperatura llegando a tener mínimos promedios mensuales de 25.4 °C.

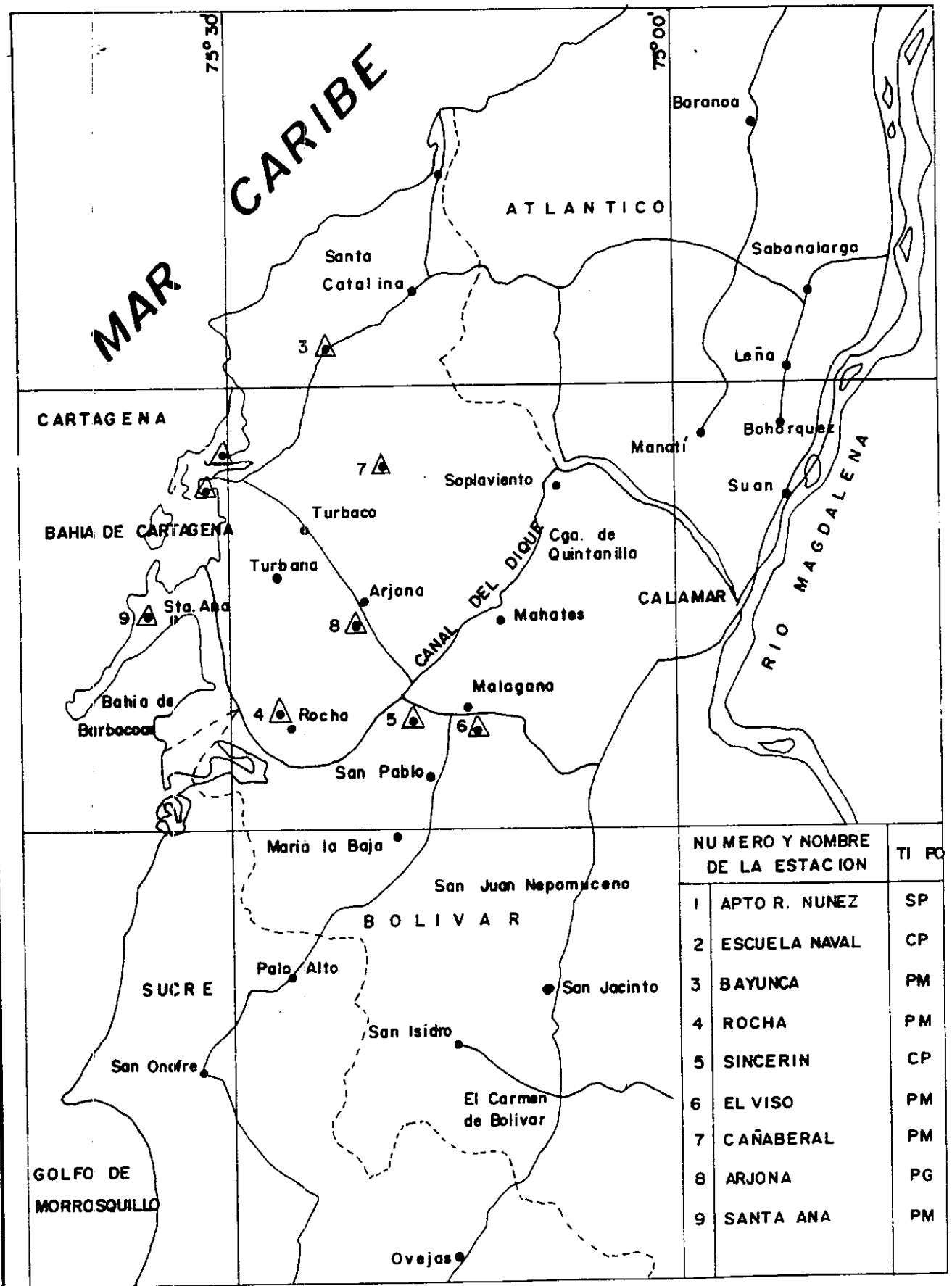
Se registra en el año un promedio de 90 días de precipitación, una época de lluvias comprendida entre mayo y noviembre, en el que octubre es el mes más húmedo con 16 días de lluvias en promedio y una época seca de diciembre a abril, que en promedio mensual llueve menos de 2 días. La precipitación media anual es de 880 mm.

### 3.3.2. ESTACIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

Se consultó acerca de las estaciones hidrometeorológicas instaladas en la zona por el antiguo Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de tierras, HIMAT, (actual IDEAM). Las estaciones más cercanas a la zona se resumen en la tabla y se ilustra su localización en la figura 3.3.2.1.

**Tabla 3.3.2.1 Estaciones Hidrometeorológicas**

Estación	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m.)	Código	Tipo	Registros	Años Reg
A.R. Unfiez	10 27 N	75 31 W	2	1401502	P.M.	1941-1996	55
Rocha	10 26 N	75 25 W	5	2903032	P.M.	1974-1991	23
Bayunca	10 32 N	75 24 W	75	1401003	P.M.	1968-1992	24
Sta. Aria	10 14 N	75 33 W	1	2903037	P.M.	1974-1991	15
Cañaveral	10 24 N	75 20 W	75	1401505	P.M.	1974-1993	18



NUMERO Y NOMBRE DE LA ESTACION		TIPO
1	APTO R. NUNEZ	SP
2	ESCUELA NAVAL	CP
3	BAYUNCA	PM
4	ROCHA	PM
5	SINCERIN	CP
6	EL VISO	PM
7	CAÑABERAL	PM
8	ARJONA	PG
9	SANTA ANA	PM



PROYECTO  
TESIS DE GRADO

MODELACION DE LA CALIDAD DEL  
AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR  
JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES

INTEGRANTES:  
ALFREDO MOUTHON  
TANIA TAPIAS

CONTENIDO:  
ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS DE LA ZONA.

DIRECTOR:  
BENJAMIN ALVAREZ

ESCALA:                      FECHA:  
   NOV/ 1997

FIGURA N°  
  
3.3.2.1.



### 3.3.3 VIENTOS

La región del Caribe Colombiano está sometido a los vientos Alisios, que soplan de manera constante durante los meses de diciembre a abril en dirección norte-noreste, presentándose para esta época la mayor intensidad, registrando valores hasta de 8.7 m/seg durante las horas de la noche. En el resto del año los vientos son muy variables tanto en dirección como en la fuerza, dándose valores entre 3.1 m/seg hasta 5.6 m/seg, lo que muestra como afecta el régimen de lluvias.

Por la vecindad del mar el ciclo diario consta de amaneceres frescos con poca brisa, alrededor del mediodía el aire se calienta fuertemente y en las horas de la tarde se presenta un aire calmo y brisas de regular intensidad; cuando llega la noche las temperaturas son frescas y las brisas abundantes.

**Tabla 3.3.3.1 Valores Medios Mensuales de Velocidad del Viento (m/s)  
1977 - 1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez.**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Máxi	6.1 N	5.9 N	6.4 N	5.8 N	3.7 N	2.6 N	4.0 N	3.8 N	1.7 NW	2.3 W	3.6 N	6.3 N	6.4 N
Míni.	1.7 N	2.6 NE	2.3 N	2 N	0.7 NW	0.3 N	0.6 N	0.5 W	0.5 EN	0.2 NE	0.2 NW	1.6 N	0.2 NE

### 3.3.4 TEMPERATURA

Como puede observarse en los registros de la estación meteorológica del Aeropuerto Rafael Nuñez, la temperatura es muy estable en sus promedios a través de todo el año. La variación es muy poca debido a la radiación solar estable, aunque puede ser modificada por la influencia de los vientos provenientes del mar. La temperatura promedio mínima aparece en el mes de febrero y las máximas entre mayo y agosto. La variación territorial es mínima y está estrechamente ligada a la altura descendiendo 0.6 °C por cada 100 m. de elevación.

**Tabla 3.3.4.1 Valores Medios Mensuales de Temperatura (°C) 1941 - 1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez.**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Máxi	26.8	26.8	27.1	27.7	28.2	28.4	28.3	28.2	28.2	27.8	27.8	27.3	27.7
Míni.	28	28.7	28.3	28.8	29.3	29.9	29.5	29.3	29.1	28.9	28.9	28.9	29.9

### 3.3.5 PRECIPITACIÓN

Debido a la acción de los vientos locales y de los Alisios del Norte se originan cambios atmosféricos continuos, lo cual explica la ocurrencia de algunas tormentas esporádicas que inciden en la frecuencia e intensidad de

las lluvias de la región.

La influencia de las calmas ecuatoriales durante los meses de junio, julio y agosto, produce una relativa estabilidad atmosférica, la cual se traduce en mayores precipitaciones pluviales en esta época. Por el contrario durante los meses de diciembre, enero y febrero, cuando las calmas ecuatoriales descienden hacia al Sur, la influencia directa de los Alisios del EN, impide el establecimiento de nubes sobre el área y por consiguiente las menores lluvias de esta región se presentan en este periodo. La época de mayor precipitación son entre los meses de mayo y noviembre, presentándose un máximo valor de 200 mm en octubre, el mes más seco es febrero con valores promedio de 0.9 mm y su índice anual de precipitación es de 889 mm, como lo podemos observar en las figuras 3.3.5.1, 3.3.5.2 y 3.3.5.3 y en las siguientes tablas:

**Tabla 3.3.5.1 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm.) 1941 - 1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septe.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Medi	4.6	0.9	1.4	23.1	89.4	97	90.1	108	123.1	200	117.8	33.6	889
Máxi.	108	30	28	110.8	274.2	283.1	366.9	428	327.8	472.6	365.5	206	472.6
Mini.	0	0	0	0	0.2	5	0	0.9	0	11.1	0	0	0

**Tabla 3.3.5.2 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm.)  
Estación Bayunca 1968 -1992**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Medi	10.4	7.5	19.2	75.8	174.7	159.1	127.9	178.4	199.9	229.5	189.1	41.7	141.3
Máxi.	72	52	96	204	495	265	360	417	620	464	542	231.3	620
Míni.	0	0	0	0	56	37	0	55	76	67	21	0	0

**Tabla 3.3.5.3 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm.)  
Estación Cañaveral 1974 - 1993**

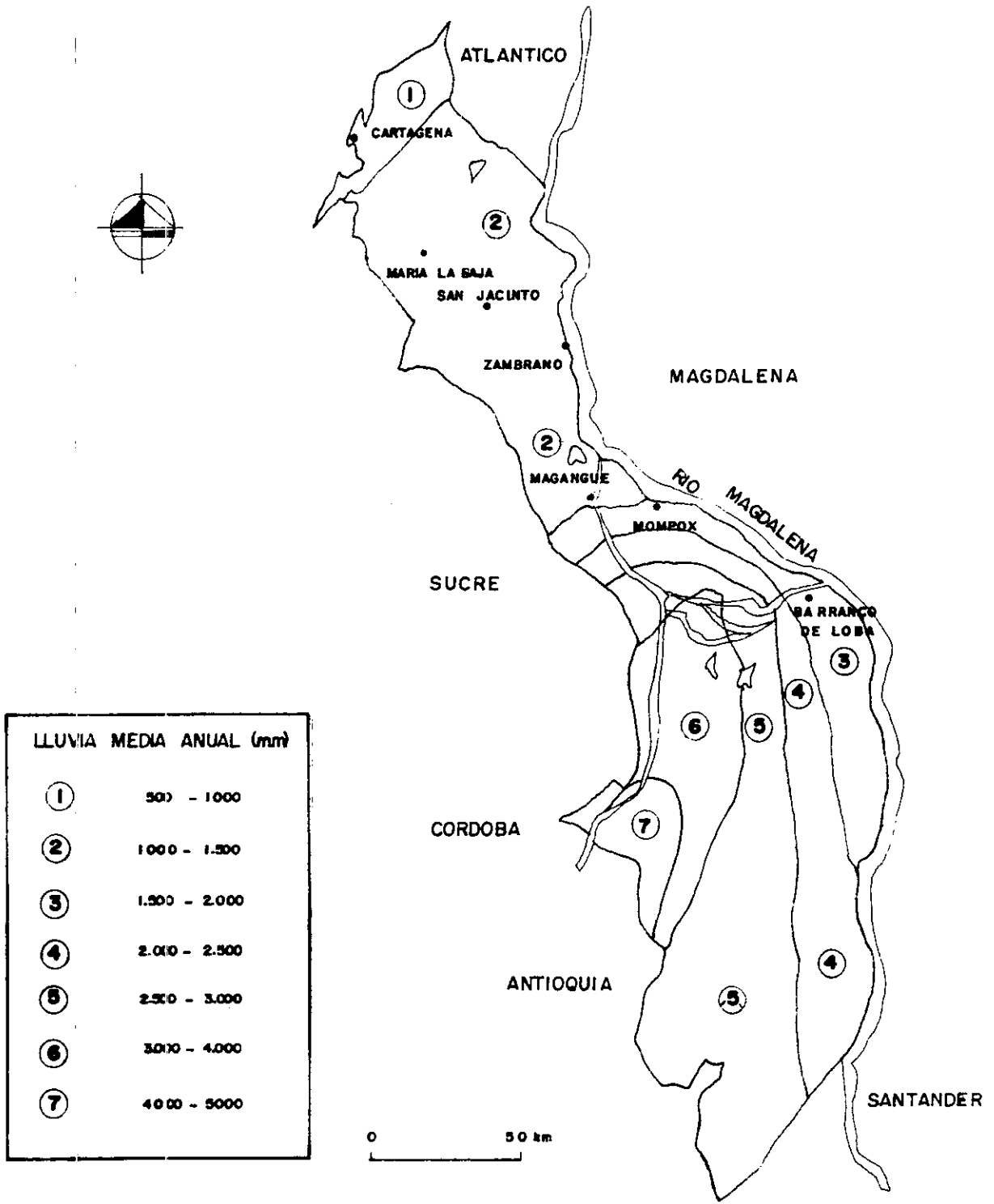
	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Medi	11	7.8	16.6	91.3	158.2	114.8	115.7	116.7	143.4	232.7	137.2	36.3	118.1
Máxi.	82.5	61.4	86.5	282	307	288	246	188	255	514.2	319	160.1	514.2
Míni.	0	0	0.	4	62.1	54	24.6	35	61	42	0	0	0

**Tabla 3.3.5.4 Valores Totales Mensuales de Precipitación (mm.)  
Estación San Estanislao 1959 - 1993**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Medi	7.9	10.8	9.2	63.3	112.1	104.3	91.6	123.6	129.6	160	73.2	19.1	
Máxi.	51	68	52	187	270	252	223	307.5	330	356.8	170	137	356.8
Míni.	0	0	0	60	7	0	0	15	13	50	3.7	0	0

### 3.3.6 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa de la región tiene características de tropical costera, bastante alta debido a la cercanía al mar. En febrero se presenta la humedad relativa mínima promedio del 77%, siendo este el mes más seco,



LLUVIA MEDIA ANUAL (mm)	
①	500 - 1000
②	1000 - 1500
③	1500 - 2000
④	2000 - 2500
⑤	2500 - 3000
⑥	3000 - 4000
⑦	4000 - 5000



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**  
FACULTA DE CIENCIA E INGENIERIA

PROYECTO  
TESIS DE GRADO

MODELACION DE LA CALIDAD  
DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR  
JUAN GOMEZ, BOHORGES,  
DOLORES.

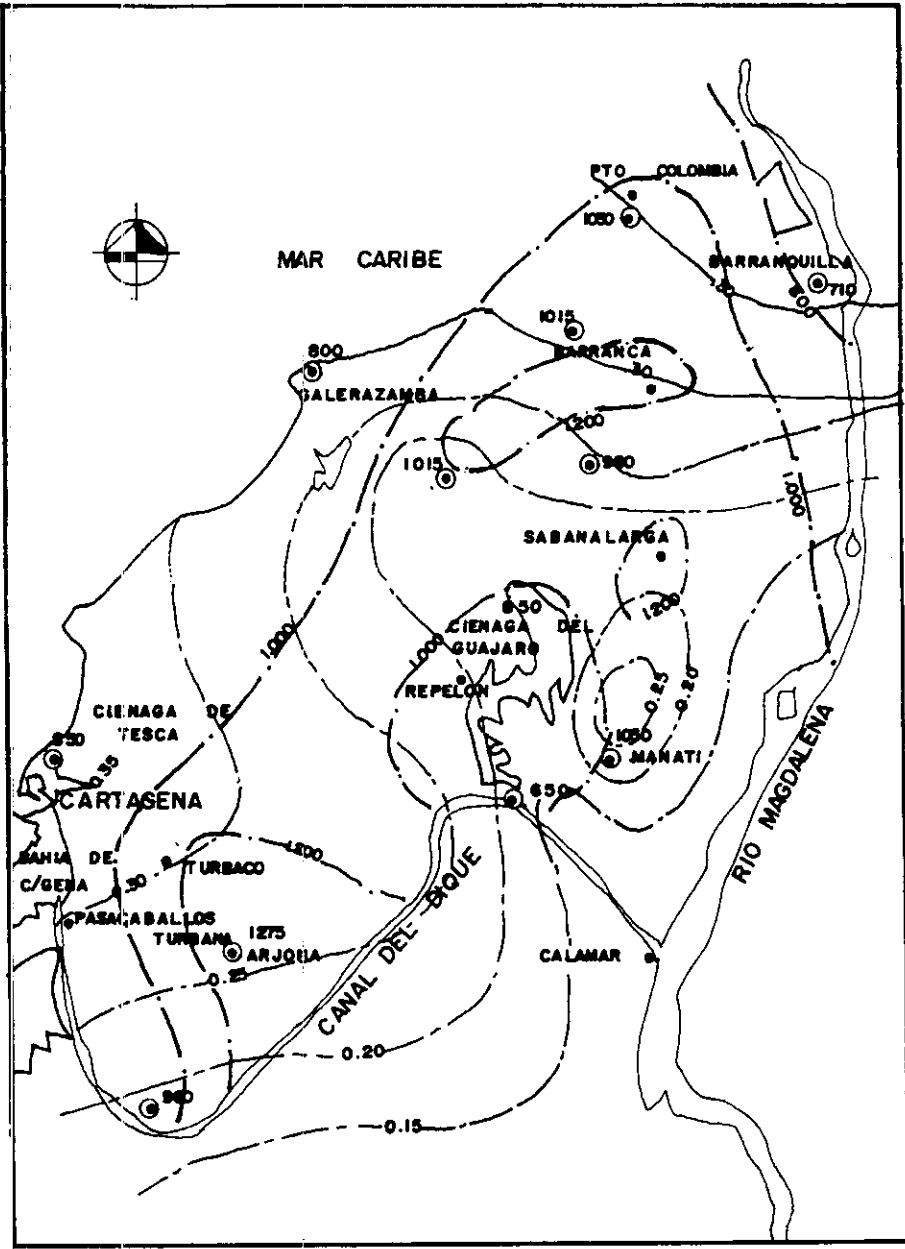
INTEGRANTES  
ALFREDO MOUTHON  
TANIA TAPIAS

CONTENIDO:  
ISOLINEAS DE PRECIPITACION  
EN EL DPTO DE BOLIVAR .. IGAC

DIRECTOR :  
BENJAMIN ALVAREZ


ESCALA      FECHA:  
1 : 20.000      NOV - 1.997

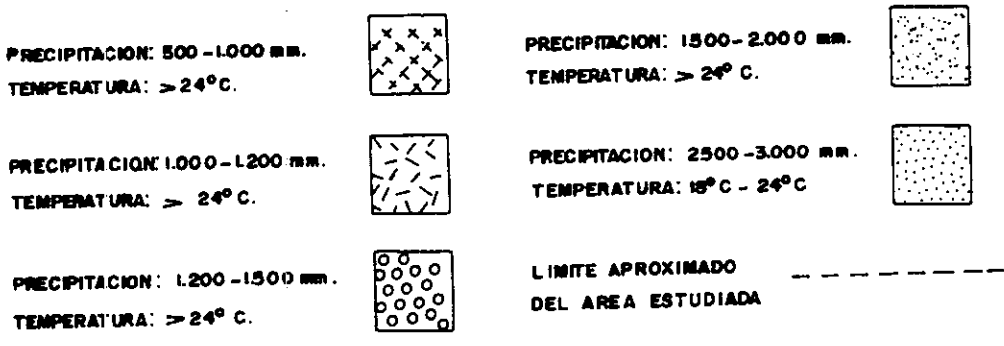
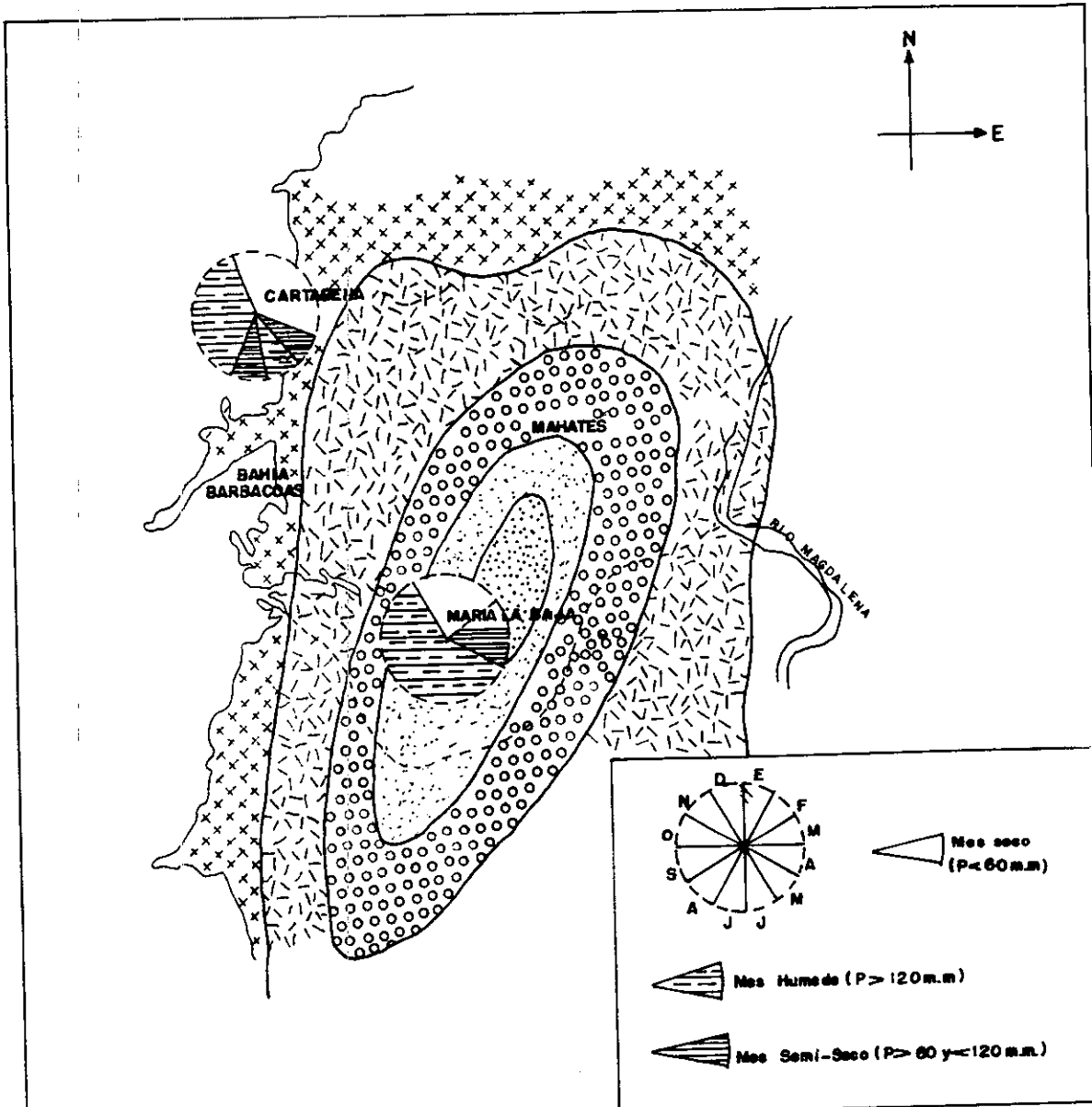
Figura:  
**3.3.5.1**




CONVEN CIONES

- ISOYETAS
- - - - - COEFICIENTE DE VARIACION
- PUEBLOS
- ⊙ DATOS PUNTUALES DE PRECIPITACION

 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTIENE: ISOTIYA PARA EL DPTO DE BOLIVAR- INGEMINAS		fig.  3.3.5.2
	MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR. JUAN GOMEZ, BOHORGES, DOLORES.	DIRECTOR: BENJAMIN ALVAREZ		
	INTEGRANTES: ALFREDO MOUTHON TANIA TAPIAS	ESCALA: SIN	FECHA: NOV - 1997	



 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS	<b>PROYECTO</b> TESIS DE GRADO	<b>CONTENIDO:</b> PRESIPITACION DE LA ZONA DEL CANAL DEL DIQUE	<b>FIGURA N°</b>  3.3.5.3
	MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES	<b>DIRECTOR:</b> BENJAMIN ALVAREZ	
	<b>INTEGRANTES:</b> ALFREDO MOUTHON TANIA TAPIAS	<b>ESCALA:</b>  <b>FECHA:</b> NO V. / 1997	

en el mes de octubre del 82% por ser el más lluvioso del año y se observa un promedio anual de 80% de humedad.

Estas variaciones están ligadas a las épocas de lluvias. A nivel diario las oscilaciones son bruscas y operan en forma directa a la temperatura en un instante dado, por lo que en las horas de la mañana la humedad relativa alcanza sus valores máximos del 90%. A nivel mensual se presenta la siguiente distribución:

**Tabla 3.3.6.1 Valores Medios Mensuales de Humedad Relativa (%) 1941 - 1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Medi	79	77	77	79	81	81	80	81	81	82	82	81	80
Máxl.	85	81	83	82	84	85	83	86	85	85	86	86	86
Mini.	73	72	73	75	78	78	75	76	77	79	76	75	72

### 3.3.7 EVAPORACIÓN

En esta zona se presenta una evaporación media anual de 1945.9 mm, se puede observar que el índice máximo es en el mes de marzo con un valor de 196.7 y un mínimo en noviembre con 134.5 mm de acuerdo con los registros



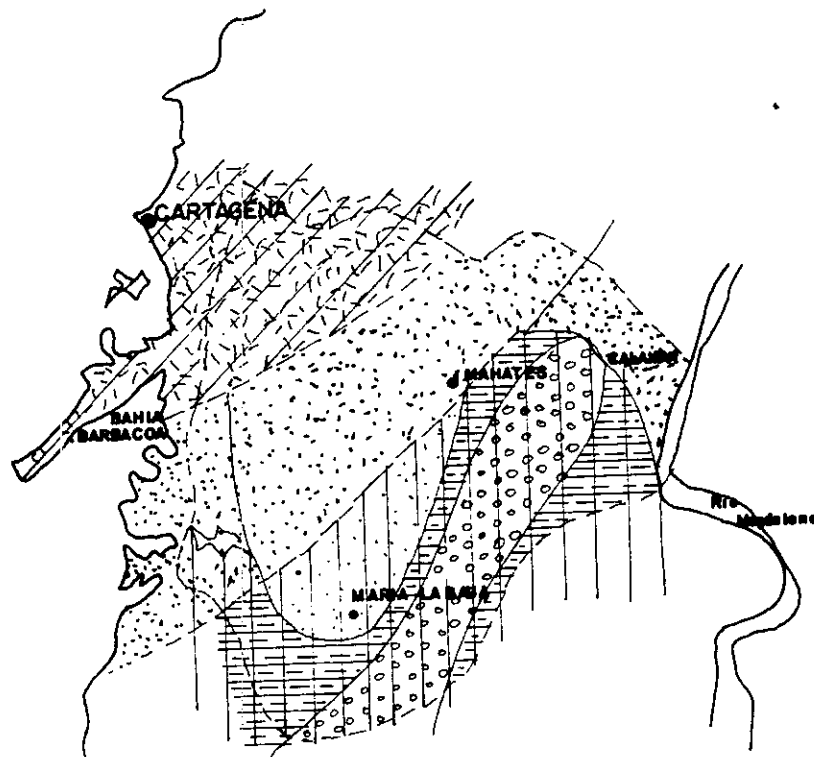
de la estación meteorológica del Aeropuerto Rafael Nuñez, los cuales son mostrados a continuación y en la figura 3.3.7.1:

**Tabla 3.3.7.1 Valores Totales Mensuales de Evaporación (mm.) 1971 - 1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Medi	79	77	77	79	81	81	80	81	81	82	82	81	80
Máxi.	85	81	83	82	84	85	83	86	85	85	86	86	86
Míni.	73	72	73	75	78	78	75	76	77	79	76	75	72

### 3.3.8 BRILLO SOLAR

Es el tiempo durante el cual no hay interferencia a los rayos solares por efecto de la nubosidad. Se presenta un alto índice con un promedio anual de 2583 horas de sol y su distribución mensual es inversa a la tendencia de la precipitación. Se observa en los registros de la estación del Aeropuerto Rafael Nuñez un valor máximo de 278.2 horas en el mes de enero y un índice mínimo de 175.2 horas en octubre, como se puede apreciar en la siguiente tabla:



EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ANUAL (m.m)


ETR/ETP en %	ANUAL (m.m)			
	<1.600	1.600 - 1.700	1.700 - 1.800	1.800 - 1.900
< 25				
25-50				
50-75				
> 75				

DURACION DE LA ESTACION BIOLOGICAMENTE SECA (EN MESES)

	1 Ano	1 Ano
	Sebr	Sebr
< 5		
5 e 6		
6 e 7		
> 8		

LIMITE APROXIMADO DEL AREA ESTUDIADA

ESCALA: 1 : 1'000.000

 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD CIENCIAS E INGENIERIA	PROYECTO TESIS DE GRADO	CONTIENE: MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION Y EXTRACCION BIOLOGICAMENTE SECA		Figura  3.3.7.1
	MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR. JUAN GOMEZ, BOHORGES, DOLORES.	DIRECTOR: BENJAMIN ALVAREZ		
	INTEGRANTES: ALFREDO MOUTHON TANIA TAPIAS	ESCALA: 1 : 1'000.000	FECHA: NOV - 1.997	

**Tabla 3.3.8.1 Valores Totales Mensuales de Brillo Solar (Horas) 1976 - 1996 Estación del Aeropuerto Rafael Nuñez**

	Enero	Febre.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Septie.	Octu.	Novie.	Dicie	Anual
Medi	278.8	241.4	243.4	210.8	196.8	189.6	216.1	205	178.1	175.2	202	246.7	2583.3
Máxi.	308.9	273.1	285.9	273	239.4	248	250.3	247	200.4	196.8	252.4	288.6	308.9
Míni.	233.5	158.3	188.6	164.7	147.5	130.8	167.1	152.7	134.1	133.3	158	197	130.8

### 3.4 HIDROGRAFÍA

La cuenca hidrográfica del sistema lagunar tiene un área estimada de 83.8 Km<sup>2</sup> de los cuales 33.45 Km<sup>2</sup> (Planos del IGAC, escala 1: 25.000) corresponden a la zona inundable de las ciénagas Juan Gómez, Dolores, Bohorquez y Palotalito, el área restante corresponde a la cuenca que drena al sistema lagunar. Ver Figura 3.4.1 y Tabla 3.4.1. La cuenca se ha dividido en microcuencas de la siguiente manera:

#### 3.4.1 CUENCA HIDROGRÁFICA DE DOLORES

La extensión de esta cuenca es de 3.83 Km<sup>2</sup>, con una longitud del cauce de 3.2 Km. Está compuesta de varios arroyos que vierten las aguas en el Canal

de Juan Gómez-Dolores, el cual comunica la ciénaga de Juan Gómez con la estación de Bombeo de Dolores. Su punto más alto tiene una cota de aproximadamente 25 m y la más baja de 2 m sobre el nivel del mar. Posee una pendiente promedio de 0.72%.

### **3.4.2 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ARROYO DE CASCAJO**

La superficie de la cuenca del arroyo de Cascajo es de 4.79 Km<sup>2</sup>, tiene una longitud de 3.8 Km. A esta cuenca la recorren diversos arroyos que vierten sus aguas en el arroyo de Cascajo y este a su vez la deposita en el Canal de Juan Gómez-Dolores. Posee una altura máxima de 25 m, una altura mínima de 2 m sobre el nivel del mar y una pendiente de 0.61%.

### **3.4.3 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL ARROYO QUITA CALZÓN Y ARROYITO**

Esta cuenca hidrográfica posee un área de 11.34 Km<sup>2</sup> y una longitud del cauce de 9 Km. Las aguas de la cuenca son recogidas por los arroyos de Quita Calzón y Arroyito, que tiene varias ramificaciones. Estos cauces se

unen y depositan sus aguas en la zona de la ciénaga de Juan Gómez. La cota máxima de esta cuenca es de 62 m y la cota mínima de 2 m, tiene una pendiente promedio de 0.67%.

#### **3.4.4 CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA PARCELACIÓN DE JINETE.**

La cuenca se extiende en un área aproximada de 11.30 Km<sup>2</sup> y una longitud de 8.5 Km. El punto más elevado es a 100 m sobre el nivel del mar y el punto más bajo esta a 2 m. Posee una pendiente de 1.15%. La diversidad de arroyos que posee, dirigen sus aguas a la ciénaga de Juan Gómez.

#### **3.4.5 CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA GLORIA.**

La superficie de drenaje de esta cuenca posee un área de 3.14 Km<sup>2</sup> y una longitud de cauce de 3.2 Km. Toda la escorrentía que produce se deposita en al ciénaga de Juan Gómez. La cota máxima presentada en esta zona es de 75 m y la cota mínima es de 2 m sobre el nivel del mar. La pendiente media es aproximadamente de 2.3%.

### **3.4.6 CUENCA HIDROGRÁFICA DE CAÑA DE FISTOLA Y ADRIANA**

Esta zona posee un área de 2.97 Km<sup>2</sup> y una longitud de 3.7 Km, la altura máxima es en el orden de los 100 m y la altura mínima de 2 m, posee una pendiente media de 2,6 %. Las aguas superficiales son dirigidas hacia la ciénaga de Juan Gómez.

### **3.4.7 CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA CAROLINA Y SANTA ISABEL.**

La cuenca en estudio está extendida en un área de 3.06 Km. Presentándose una longitud de cauce de 3.1 Km. Tiene su punto más alto en la cota de 50m sobre el nivel del mar y la más baja a 2m. La pendiente promedio se encuentra alrededor de 1.55%, cuya topografía logra que su escorrentía se vierta en la ciénaga de Juan Gómez.

## **3.5 SUELOS**

Según el estudio de suelos realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi [18], los suelos fueron agrupados en asociaciones, consociaciones

y complejos. Cada uno de estos grupos constituye una unidad cartográfica. Los suelos que forman una unidad tienen características afines en topografía, drenaje y material originario principalmente, pero se diferencian entre sí por las texturas, distribución de las capas u horizontes, desarrollo o evolución del perfil, colores, drenajes y algunas otras condiciones químicas y físicas. Ver Tablas 3.5.1 y 3.5.2 y la figura 3.5.1. A continuación se enumerarán los tipos de suelos presentes en la cuenca estudiada:

### **3.5.1. COMPLEJO CAIMITAL**

En esta unidad se observan los suelos encontrados en el subpaisaje de valles aluviales. La posición topográfica es ligeramente más baja que la de los valles estrechos, la pendiente hacia los costados más suaves y el declive en sentido de los cauces, casi imperceptible.

En general, los valles aluviales están circundados por colinas más bajas y de relieve suavizado, o por terrazas u otras unidades subrecientes o recientes. Constituyen superficies de acumulación y un poco de inundación. Hay anarquía en los materiales depositados, pero en general priman los materiales finos. Suelo encontrado en las cuencas de Dolores, Arroyo de

Cascajo, Arroyo Quita Calzón y Arroyito y la Parcelación de Jinete. La vegetación es principalmente de zarzas y gramíneas (pajón de ganadería extensiva).

Es un suelo muy profundo con drenaje externo lento y natural moderado, inundabilidad ocasional, texturas finas (arcillosas); alternancia de colores oscuros (grisáceos) y claros (amarillentos) manchados; poco desarrollo de estructura y consistencia. La reacción es ligeramente ácida; capacidad cationica y bases muy altas; carbono alto, y fertilidad moderada.

**Fases:**

**Cmp:** Caimital plano con pendientes menores de 1%. Ocupa un área bastante considerable. El uso radica en potreros y en menor escala cultivos. Se presenta en las cuencas del Arroyo de Cascajo, Quita Calzón y Arroyito y la Parcelación de Jinete.

**Cma:** Caimital casi plano, con pendiente 0 - 3%, con uso similar al anterior. Se encuentra en las cuencas de dolores y arroyo de cascajo.



### 3.5.2 ASOCIACIÓN JUAN BLANCO (JGp)

Este suelo se encuentra en la cuenca de la Carolina y Santa Isabel. Comprende zonas inundables por avenidas y elevación del nivel freático; el drenaje externo es muy lento y el natural imperfecto; la vegetación es de juncaceas y pasto argentino. El uso de pastoreo es ocasional.

La topografía es plana o casi plana, en forma de plano muy suavemente inclinado, con pendiente de 0-1%. El perfil es superficial, limitado por sales y sodio; las texturas son finas, con bastante limo en la parte superior y arcilla en la inferior. Colores pardo grisáceos sobre amarillentos, todos con manchas y al final gris verdoso (gleizados); pobre desarrollo de estructura y consistencia friable.

La reacción varía con la profundidad desde ácida hasta alcalina. La capacidad de cambio y el total de bases son altos. La fertilidad es muy baja.

### 3.5.3 COMPLEJO LOMA LARGA (LE)

Estos suelos se presentan en colinas situadas en todas las cuencas hidrográficas del área en estudio. La vegetación es en rastrojo arbustivo y algunos arboles: ceiba, muñeco, totumo, dividivi, canaleta. El uso se circunscribe a pastoreo, sobre potreros de guinea y panceburro, a veces enrastrajados.

El perfil es moderadamente profundo a profundo. El drenaje externo es de medio a rápido y el natural de bueno a moderado. Las texturas son finas, predominando las arcillosas con un horizonte inicial de regular espesor, sobre uno intermedio de no muy espeso, poco desarrollado, rojizo algo manchado y después un horizonte final también de colores rojizos no uniformes, bastantes relacionados con los del material subyacente e influenciado por fragmentos del mismo. Generalmente hay superficies de deslizamiento, y además grietas. La estructura esta pobremente desarrollada.

La reacción es ligeramente ácida en el horizonte superior, y el pH tiende a disminuir con la profundidad; la capacidad de cambio es alta a muy alta con

los mayores valores en la parte intermedia las bases también altas a muy altas, aumentan con la profundidad. La fertilidad es moderada.

**Fases:**

**Lebc:** Loma Larga con pendientes de 3-7-12%, y relieve ligeramente ondulado a ondulado o inclinado. Tiene mucha ocurrencia. El uso consiste principalmente en pastoreo sobre pasto como faragua, frecuentemente enrastrajados.

**3.5.4 ASOCIACIÓN PALMA DULCE (PM)**

Suelo encontrado en valles estrechos en las cuencas de los Arroyos de Cascajo, Arroyo Quita Calzón y Arroyito, Parcelación de Jinete, Gloria y Caña de Fistola y Adriana. La vegetación consiste principalmente de gramíneas, zarzas, bledo, lata, guasimo. El uso se limita a pastoreo extensivo en pastos naturales y artificiales.

El drenaje externo es lento y el natural moderado. El perfil es profundo, sin limitación aparente. Es un suelo con bastante influencia coluvial, de texturas

finas y muy finas, a veces gravilloso, con mucho limo en la parte superior; tiene un horizonte superior considerablemente espeso y oscuro; generalmente uno intermedio muy grueso (más de 60 cm), oscuro en la mayor parte de los casos y con manchas igualmente oscuras; hay superficie de deslizamiento. La reacción casi siempre es ácida en todo el perfil; la capacidad cationica y las bases muy altas y salinidad ligera; la fertilidad es moderada.

#### **Fases:**

**Pma:** Palma Dulce plano a casi plano, con pendientes inferiores a 3%. Es la fase que ocupa la mayor extensión dentro de la asociación. Sus tierras están en potreros de guinea, grandillo, pajón, admirable, faragua, a veces completamente enrastrados, y también en cultivos de maíz, plátano y frutales. Se presenta en todas las cuencas mencionadas.

**PMab:** Palma Dulce plano a ligeramente inclinado, pendientes desde 0-7%. Ocupa las zonas más altas, estrechas e inaccesibles de este paisaje; allí predomina la influencia coluvial. Se halla mas en bosque y rastrojos que en potreros o cultivos. Se presenta en la cuenca de Arroyo Quita Calzón y Arroyito.

**Prnp:** Palma Dulce plano, con pendiente inferiores a 1%. Ocupa una pequeña extensión, generalmente hacia las partes más bajas, rodeada por colinas con relieve suave. El uso se reduce a potreros en guinea y pangola, y a uno que otro cultivo de plátano y maíz principalmente. Esta se encuentra en la cuenca de la parcelación de Jinete.

### 3.5.5 ASOCIACION TINAJITA (TN)

Predomina en colinas mas o menos planas en las cuencas de Dolores, Arroyo de Cascajo y Arroyo Quita Calzón y Arroyito. En la vegetación se distinguen zarzas, trupillo, orejemula; el uso consiste en pastoreo sobre faragua, pangola, guinea.

La profundidad es moderada, limitada por sodio en las partes inferiores; el drenaje externo es lento y el natural moderado. Las texturas son finas, arcillosas, sobre todo hacia la parte media e inferior, con colores oscuros en la superior y claros, amarillentos u oliváceos, en el resto del perfil; hay tendencia al agrietamiento en los primeros horizontes. La reacción en todo el perfil es casi neutra; la capacidad de cambio y las bases son muy altas y la fertilidad moderada.

**Fases:**

**Tna:** Tinajita plano a ligeramente plano, con pendientes de 0 a 3%. Su uso se limita a potreros enrastrados o con pangola y elefante.

**3.5.6 ASOCIACION TIGRE VIEJO (TP)**

Se encuentra en colinas mas o menos disectadas, un tanto erodadas, en toda la cuenca en estudio. La vegetación esta formada por hobo, trupillo y gramíneas. El uso se restringe a pastoreo sobre pastos faragua y guinea y esporádicos cultivos de maíz y yuca.

La profundidad va de moderada a muy superficial, debido a la presencia de material parental; el drenaje externo es muy rápido y el natural de bueno a excesivo. El perfil se reduce a un horizonte superior de texturas finas (franco arcillosa a arcillosa), a veces sobre un horizonte amarillento, arcilloso a franco arcilloso, con gravilla, el cual constituye una transición al material parental. La reacción es ligeramente ácida y la capacidad de cambio y las bases muy altas y la fertilidad moderada.

**Fases:**

**Tpcd1:** Tigre Viejo con pendientes 7-12-25%, erosión ligera. Su uso mas extendido es el pastoreo en potreros de pasto faragua a veces enrastrojados; también hay pequeñas áreas en cultivos, principalmente de maíz y yuca.

**Tpcd1-2:** Tigre Viejo con pendientes de 7-12-25%, erosión ligera a moderada. Estos suelos están dedicados principalmente a pastoreo extensivo, sobre pastos naturales como pajón (panceburro) y granadilla, y en mayor escala pastos artificiales, principalmente faragua; frecuentemente el potrero aparece cubierto por el rastrojo, o también se encuentra un bosque secundario. En pequeños sectores se observa algunos cultivos, principalmente maíz y yuca.

### 3.6 VEGETACION

La vegetación natural de la zona se encuentra degradada, debido a la presión antrópica por medio de la agricultura y la ganadería, quedando

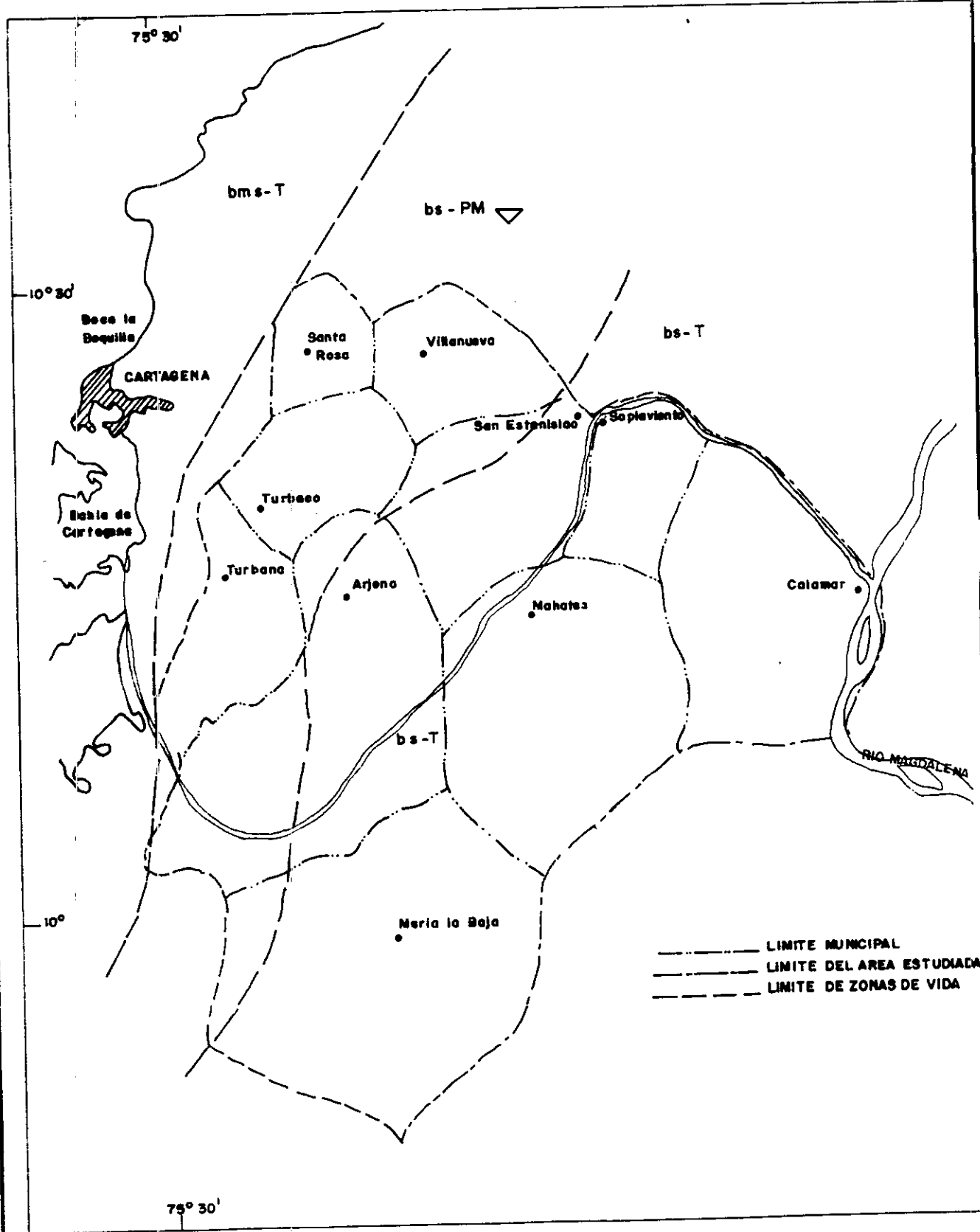
solamente relictos de la vegetación original en algunas colinas dentro de la zona en estudio.

La zona de vida que corresponde a esta región son los bosques secos premontanos, en alta proporción lo que esta representado como desprovisto de bosques, se ha convertido con el tiempo en inmensos rastrojos altos, con muchas especies arbustivas. Estas zonas fueron, años atrás asentamientos agrícolas y potreros. Ver figura 3.6.1

Según el IGAC [18], en la región se encuentran: Asociaciones Vegetales Hídricas y Edáficas; las primeras se localizan en las zonas aledañas al Canal del Dique, ciénagas y arroyos. Estas area se hallan cubiertas por agua a escasa profundidad durante la mayor parte del año y poseen una flora característica. Se encuentran Asociaciones Edáficas Húmedas, pues debido a un drenaje pobre, los suelos conservan el agua (vegetación aledaña a los drenajes). Ver Tabla 3.6.1.

Dentro de las formas geomorfológicas mayores citadas en la referencia [18] que se hallan en esta región, la vegetación característica es la siguiente:





PROYECTO  
 TESIS DE GRADO

MODELACION DE LOCALIDAD DEL  
 AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR  
 JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES

INTEGRANTES:  
 ALFREDO MOUTHON  
 TANIA TAPIAS

CONTIENE:  
 ZONAS DE VIDA DEL AREA DE  
 ESTUDIO

DIRECTOR:  
 BENJAMIN ALVAREZ

ESCALA:                      FECHA:  
    NOV. / 1997

FIGURA N°  
 3 . 6 . 1 .

### 3.6.1 ZONAS DE COLINAS

En esta zona la vegetación es de condición seca, debido en general a microclima seco y a las pendientes acentuadas. Este tipo de vegetación es el que sufre la mayor degradación. El dosel dominante de esta vegetación es de aproximadamente tres metros, con un área clorofilana escasa, además de presentarse exfoliación de las especies en época de sequía acentuada. Se encuentran arboles de mayor tamaño, con ejemplares maderables como el cedro, guayacán, canalete, etc., pero en áreas pequeñas y que actualmente se encuentran con bastante presión antrópica.

### 3.6.2 PLANICIES DE AFLUENTES DEL MAGDALENA

La vegetación natural de esta área posee diversidad florística; las especies más comunes pertenecen a las familias leguminosae, moraceae y anacardiaceae. Se aprecian muy nítida la fisonomía (forma) y las variaciones de las especies, debido a las condiciones edáficas (mayores porcentajes de arcilla) e hídricas (agua superficial y subterránea).

### 3.6.3 PLANICIE DEL RIO MAGDALENA

Por encontrarse dentro de esta área de asociaciones hídricas y edáficas. La composición florística de la vegetación existente es variada. En las zonas de bajos y diques, como también ciénagas, la vegetación es de pasto argentino o bermuda con suelos afectados por salinidad. En áreas bastantes cenagosas se encuentra un tipo de vegetación baja hidrófila, representada especialmente por especies como: verdolagas, tripa de pollo, hierba de turco pitopito, buchón de agua, barsal, platanillo o bijao, enea y junco entre otras.

**Tabla 3.6.1 Vegetación Típica de la zona.**

Tomada de la Referencia [18]

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO
Olla de Mono	Lecythis Minor
Vara Santa	Triplaris Americana
Yarumo	Cecropia Sp.
Campano	Samanea Saman
Iguá	Pseudosamanea Saman
Carreto	Aspidosperma Dugandi
Guázimo	Guazuma Ulmifolia
Totumo	Crescentia Cujete
Caracolí	Anacardium Excelsum
Amorseco	Desmodium Sp.
Malva	Malvastrum Sp.
Escoba	Indigophera Tinctoria
Verbena	Verbena Sp.
Bledo	Amarantus Dubius
Batatilla	Ipomea Dealbata
Frijolillo	Desmodium Sp.
Gramalote	Hymenachne Sp.
Zarza	Himosa Nigra

**Tabla 3.6.1 Vegetación Típica de la zona**  
Tomada de la Referencia [18]

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO
Coquito	Syperus Rotundus
Verdolagas	Portulaca Spp.
Tripa de Pollo	Tribulus Cistoides
Junco	Juncus Sp.
Mangle Colorada	Rhizophora Mangle
Mangle Salado	Avinecia Nitida
Mangle	Zaragozano Conocarpus
Guayabo	Psidium Sp.
Lechero	Calotropis Procera
Algarrobo	Hymenaea Courbaril
Indio Desnudo	Bursera Simaruda
Canalete	Cordia Alliodora

### 3.7 FAUNA

La fauna del área se halla bastante reducida en cuanto a números de individuos dentro de cada especie. Entre las especies que aun subsisten se pueden mencionar las siguientes:

**Tabla 3.7.1 Fauna Típica de la zona.**

Tomada de la Referencia [18]

ESPECIES	NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO
MAMIFEROS	Venado	Odocoileus Virginianus
	Tigrillo	Felis Sp.

**Tabla 3.7.1 Fauna Típica de la zona.**  
Tomada de la Referencia [18]

ESPECIES	NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO
<b>MAMIFEROS</b>	Cafuche Bocablanca	Tayasso Pecaril
	Ponche	Hydrochaerus Hydrochaeris
	Conejo	Sylvilagus Brasiliensis
	Tinaja	Cuniculus Pacer
	Ñeque	Dasyprocta Colombiana
<b>REPTILES</b>	Coral	Micrurus Sp
	Viboras, Cascabel	Crotalus Territicus
	Mapaná	Bothrops Atrox
	Cazadoras, Bejuquillo	Imantodes Sp
	Babilla	Caimán Crocodilus
	Lagarto	Lacerta Sp
	Lagartija	Lacerta Sp
	Salamanqueja	Lacerta Veninosus
	Iguana	Iguana Iguana
	<b>AVES</b>	Aguila
Carpintero, Garrapatero		Crotophanga Pirigua
Giriguelo		Crotophaga Ani
Garzón, Canario		Fringilla Grantina
<b>PECES</b>	Dorada	Salminus Affinis

**Tabla 3.7.1 Fauna Típica de la zona.  
Tomada de la Referencia [18]**

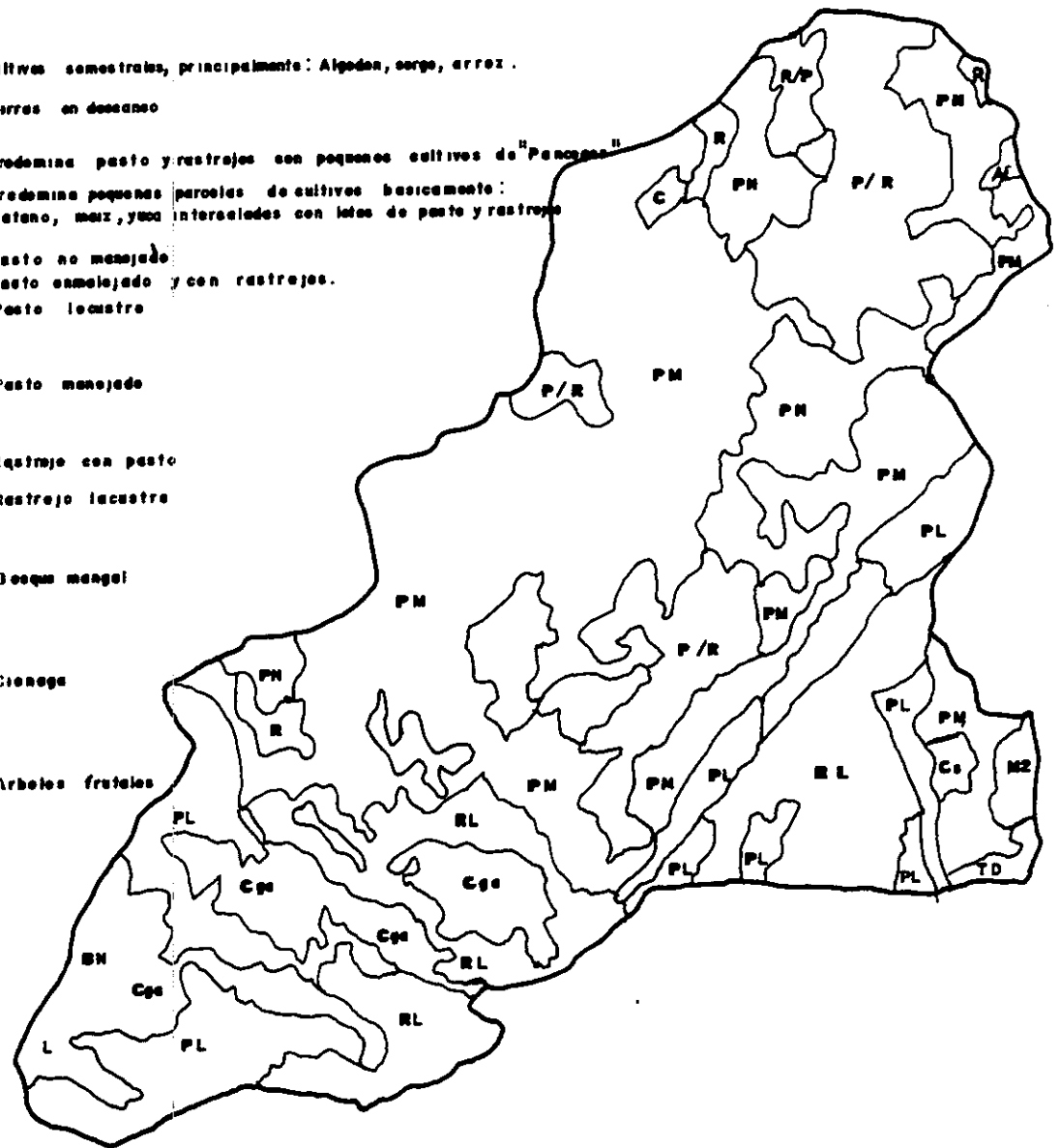
ESPECIES	NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO
PECES	Agujeta	CtenoluciusHujeta
	Bagre	Pseudoplatystoma
	Cuch	Cochliodon Hondea
	Mojarra	Aeguidens Pulcher
	Nicuro	Pimelodus Caucanus
	Bocachico	ProchilodusReticulutus
	Arenea	Triporteus
	Doncella	Ageneiosus Caucanus
	Pacora	Plagioscion Surinamensis
	Corroncho	Pterigophichtys Undecimalis
Raya	Potamotrygon Magdalenae	


### 3.8 USO Y MANEJO DEL SUELO

Para clasificar las tierras por su capacidad de uso, el IGAC ha intentado ubicar los suelos mapeados y descritos, dentro de las ocho clases y las cuatro subclases establecidas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

# MUNICIPIO DE ARJONA

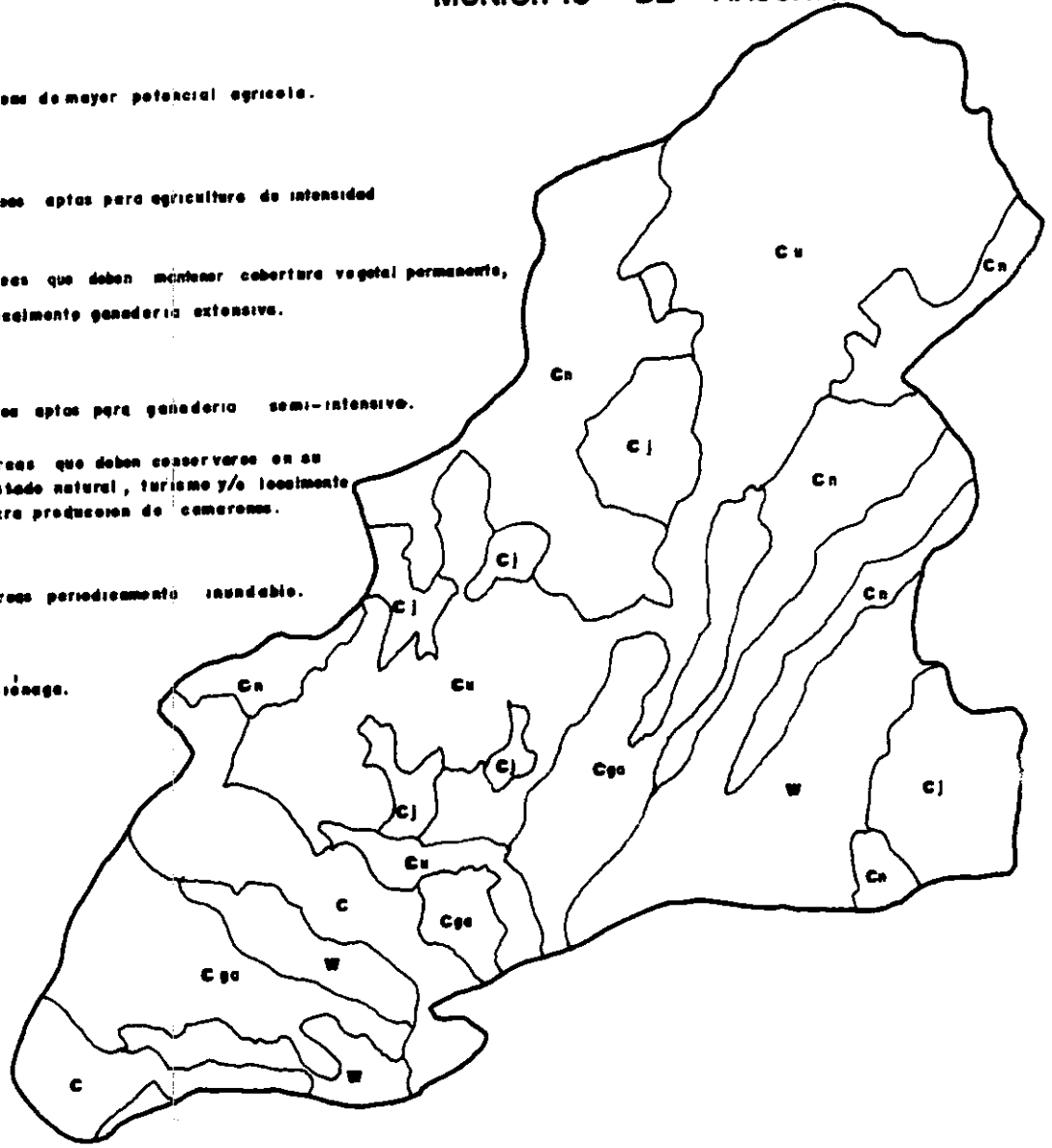
- Ca** Cultivos semestrales, principalmente: Algodón, caña, arroz.
- TD** Tierras en descanso
- M1** Predomina pasto y rastros con pequeños cultivos de "Panicum"
- M2** Predomina pequeñas parcelas de cultivos básicamente: plátano, maíz, yuca intercalados con lotes de pasto y rastros
- PN** Pasto no manejado
- PR** Pasto ensilajado y con rastros.
- PL** Pasto lacustre
- PM** Pasto manejado
- R** Rastrojo con pasto
- RL** Rastrojo lacustre
- BN** Bosque manglar
- Cga** Ciénaga
- Af** Árboles frutales




 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD CIENCIAS E INGENIERIA	<b>PROYECTO</b> <b>TESIS DE GRADO</b>	<b>CONTIENE:</b> <b>COBERTURA Y USO DE TIERRA</b>		Figura  <b>3.8.1</b>
	<b>MODELACION DE LA CALIDAD</b> <b>DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR.</b> <b>JUAN GOMEZ, BOHORGES,</b> <b>DOLORES.</b>	<b>DIRECTOR:</b> <b>BENJAMIN ALVAREZ</b>		
	<b>INTEGRANTES:</b> <b>ALFREDO MOUTHON</b> <b>TANIA TAPIAS</b>	<b>ESCALA</b>  SIN	<b>FECHA:</b>  NOV - 1.997	

# MUNICIPIO DE ARJONA

- Cj Areas de mayor potencial agrícola.
- Cn Areas aptas para agricultura de intensidad
- Cn Areas que deben mantener cobertura vegetal permanente, fomento ganadero extensivo.
- Cx Areas aptas para ganadería semi-intensiva.
- C Areas que deben conservarse en su estado natural, turismo y/o fomento para producción de camarones.
- W Areas permanentemente inundable.
- Cga Crianza.



 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD CIENCIAS E INGENIERIA	<b>PROYECTO</b> TESIS DE GRADO	<b>CONTIENE :</b> ZONAS AGROECOLOGICAS		Figura  3.8.2
	.MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR. JUAN GOMEZ, BOHORGES , DOLORES.	<b>DIRECTOR :</b> BENJAMIN ALVAREZ		
	<b>INTEGRANTES :</b> ALFREDO MOUTHON TANIA TAPIAS	<b>ESCALA:</b> SIN	<b>FECHA:</b> NOV - 1.997	



En la región estudiada se encontraron las siguiente clases agrológicas: III, IV, VI. De acuerdo con el estudio de suelos de la zona del Canal del Dique [18].

### **3.8.1 SUBCLASE IIIs**

#### **Grupo de manejo IIIs-1**

Comprende las fases: Cmp, Pmp, Pma, tierras planas o casi planas; texturas predominantes finas y aun muy finas, con ocurrencia de moderadamente finas y de gravilla. La fertilidad es moderada. La mayor limitación es la insuficiencia de precipitación, a pesar de la buena retención de humedad.

El uso actual se reparte en potreros de guinea, pangola, faragua y algunas gramas naturales, de corte el elefante, el Sudán y cultivos de sorgo, maíz, plátano y ciertos frutales, siempre en pequeña escala. Para una explotación intensiva, sobre todo agrícola, requiere aplicación de riego y drenajes adecuados, fertilización con abonos y demás prácticas agronómicas aconsejable en una agricultura moderna: semillas mejoradas y certificadas, rotaciones, preparación de terreno, nivelación donde la pendiente es mayor

de 1%, limpieza de malezas, combate de plagas y enfermedades, etc.

### **3.8.2 SUBCLASE IIIse**

#### **Grupo de Manejo IIIse-1**

Formada por la fase Pmab. Son tierras con características similares a la anterior. La principal diferencia esta en la topografía, diferencia de altura y poca accesibilidad.

El uso es principalmente rastrojo, un poco de bosque y pasto naturales y artificiales, con escasos y pequeños cultivos. Es aconsejable su explotación en potreros mejorados y en pequeños cultivos de pancoger: maíz, plátano y yuca.

#### **Grupo de Manejo IIIse-2**

Esta integrado por la fase Tnab. Presenta características similares al grupo IIIs-1 y el mismo uso, pero la limitación de agua es más acentuada y a pesar de la buena retención de humedad. La principal diferencia es que la capacidad productiva aquí es más restringida por razones de topografía.

El uso está más circunscrito a pastoreo. En cuanto a las prácticas de irrigación sería más problemática y se requeriría al mismo tiempo una mayor nivelación. Por lo tanto sus posibilidades están mayormente restringidas en cuanto a intensidad y variedad de renglones agrícolas, salvo el maíz, sorgo y yuca con algunos frutales; todo ello dependiendo de la regularidad de las precipitaciones. La práctica más segura consiste en mejorar los potreros con abonamientos y rotaciones de leguminosas o sorgo.

### **3.8.3 SUBCLASE Ives**

#### **Grupo de Manejo Ives-1**

Formado por la fase Lebc. Son tierras de topografía ligeramente inclinada a ondulada. Las texturas son moderadamente a finas; la fertilidad es moderada a baja. Las limitaciones tienen que ver un poco con la topografía y susceptibilidad a la erosión, escasez de agua e imposibilidad para adicionarla en forma artificial.

El uso dominante es el pastoreo extensivo en potreros de gramas naturales

y artificiales, muy frecuentemente enmalezado y aún bajo rastrojo. Debido a todas las limitaciones, el manejo de estas tierras con cultivos agrícolas resulta arriesgado. Se recomienda la ganadería con potreros que puedan mejorarse con abonamientos y siembra y renovación de pastos artificiales como faragua, ángletón, granadilla, pangola y guinea, poniendo cuidado en evitar el sobrepastoreo. En algunos sectores más planos, pequeños cultivos de maíz y yuca y en las depresiones plátanos.

#### **3.8.4 SUBCLASE VIhs**

##### **Grupo de Manejo VIhs-1**

En este grupo se encuentra JGp, tierras bajas inundables por largos períodos, el drenaje es pobre muy pobre; en consecuencia el uso actual está muy limitado y se concreta a un pastoreo estacional y rudimentario, sobre gramas naturales y otras yerbas frescas, en las épocas en que las aguas bajan; en algunos sectores se ha venido fomentando la propagación del pasto admirable, cuya semilla puede conservar su viabilidad a través de prolongados períodos de sumersión. Estas tierras pueden tener importancia como complemento de los potreros en tierras contiguas más altas, por la facilidad que brindan durante casi todo el año para que los ganados

obtengan agua abundante.

### **3.8.5 SUBCLASE Vies**

#### **Grupo de Manejo Vies-1**

Comprende las fases TPcd1, TPcd1-2, que son tierras cuya principal limitación la constituye su topografía, la susceptibilidad a la erosión y la escasa profundidad de los suelos.

El uso actual está determinado por el pastoreo extensivo sobre gramas naturales o artificiales, principalmente faragua, con potreros muy frecuentemente enmalezados y en muchos casos bajo verdaderos rastrojos. El manejo más aconsejable sería pastoreo sobre potreros de pasto artificial, principalmente faragua yingleton, además de granadilla, con prácticas de abonamientos y limpieza. Se deben evitar las quemas.

### **3.9 ASPECTOS ECOLÓGICOS**

Según el estudio realizado por el IGAC [18] en la zona de estudio se observan dos grandes ecosistemas:

#### **3.9.1 ECOSISTEMA TERRESTRE**

Las comunidades tanto animales como vegetales aparecen totalmente cambiadas con respecto a las comunidades originales de esta zona. En la actualidad se encuentran ecosistemas secundarios, donde proliferan una fauna y una flora muy distinta a las originales, lo que hace difícil tomar especies como indicadores ecológicos, para cualquier estudio de los ecosistemas primarios.

El paisaje ha sido transformado por la ganadería, alterándose así los elementos bióticos del ecosistema. La fauna ha sido la más afectada, ya que sus refugios casi se han extinguido, hasta el extremo de que solamente algunas especies subsisten.

Los elementos no bióticos han resultado poco afectados, pues el suelo no presenta un estado de degradación muy fuerte por el sobre pastoreo; únicamente algunas prácticas de quemas y talas localizadas han afectado ciertas características del suelo.

### **3.9.2 ECOSISTEMA ACUATICO CONTINENTAL**

Esta conformado por los arroyos y principalmente por las ciénagas, que mencionamos a continuación:

#### **Subsistema de Arroyos**

Está formado por los diferentes caños y arroyos que circulan dentro del área. En épocas de lluvias se ven colmados de agua, facilitando la vida de alguna fauna y flora acuática. La fauna acuática tiene un área más amplia de dispersión y por consiguiente menos competencia en la disponibilidad de elementos. Esto se traduce en un equilibrio en las cadenas trópicas y ciclos biológicos de las especies. En periodos secos la reducción o casi desaparición de los arroyos, ocasiona muerte de ciertas especies de la fauna y emigración de otras en busca de un medio más propicio para su

subsistencia y desarrollo.

### **Subsistema de Ciénagas**

Es el más importante de la región, no sólo por su extensión sino también por sus implicaciones sobre la fauna, flora, clima y suelos. Existe una flora característica, la cual es utilizada como refugio y alimento por las variadas especies faunísticas que allí tienen su albergue. Sufre continuamente alteraciones por la sedimentación del Canal del Dique, razón por la cual las especies faunísticas se ven obligadas a emigrar a las ciénagas aledañas, ocasionando grandes concentraciones en áreas reducidas. Como consecuencia se originan muertes masivas por competencia de espacio y alimentos. La flora existente en las ciénagas es muy variada, y origina muchos hábitats para las especies faunísticas acuáticas y terrestres.

En estas áreas predomina un microclima húmedo que da al paisaje y a la vegetación una fisonomía diferente a la del resto de la región. Los suelos permanecen saturados de agua y en consecuencia presentan propiedades físico químicas diferentes.



## **4. ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA**

### **4.1 ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES EN EL SISTEMA**

Al recorrer la zona se realizó un inventario de las estructuras presentes en la cuenca (Ver Anexo Fotografías), y teniendo en cuenta el estudio de ACUACAR [1] se enumerarán a continuación:

#### **4.1.1 ESTACIÓN DE BOMBEO EN CONEJO**

##### **Estación de Bombeo Antigua**

Desde el año de 1971, se construyó la estación de bombeo de Conejos la cual ha sido ampliada en capacidad de bombeo en diversas ocasiones hasta llegar a tener a la fecha una capacidad instalada de  $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$ , suministrada

por dos bombas de  $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$  cada una y una cabeza dinámica de 4 m. Actualmente se prevé que esta estación quedará fuera de servicio cuando entre en operación la nueva estación de conejos.

### **Estación de Bombeo Nueva**

Dentro del proyecto del Plan Maestro de Acueducto de la ciudad de Cartagena se construyó en el sector conocido como Conejos, una estación de bombeo que reemplazará a la estación antigua de Conejos. La capacidad nominal de esta estación es de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ , suministrada por 6 bombas de capacidad nominal de  $1.75 \text{ m}^3/\text{s}$  (funcionando 4 simultáneamente) y cabeza dinámica de 4 m. Este sistema operará aproximadamente tres meses del año durante los meses de enero, febrero y marzo. Durante el tiempo restante del año el agua ingresará al sistema lagunar por gravedad a través de un canal lateral adjunto a la estación de bombeo. Ver Anexo Fotografías.

### **Dársena Sedimentadora**

Con el fin de disminuir los efectos nocivos que ocasionan los sedimentos en suspensión al depositarse en la Ciénaga de Juan Gómez, se construyó una

dársena de sedimentación capaz de retener todas aquellas partículas mayores que los limos finos, cuyos tamaños sean superiores a 0.008m y posean velocidades de sedimentación superiores a 0.1 mm/s (Ver Anexo Fotografías). Las características geométricas y de operación de la dársena son las siguientes:

Caudal de diseño	7.0 m <sup>3</sup> /s
Ancho en la base	120 m
Ancho superior	144 m
Longitud	600 m
Cota mínima del fondo	- 0.5 m
Profundidad mínima	1.0 m
Profundidad máxima	3.2 m
Profundidad útil mínima	0.5 m
Profundidad útil máxima	2.7 m
Capacidad útil máxima	189.000 m <sup>3</sup>
Capacidad útil mínima	35.000 m <sup>3</sup>
Período de retención máximo	7.5 horas
Período de retención mínimo	1.4 horas
Cota superior de la corona del Dique	3.5 m

#### 4.1.2 CANAL CONEJOS - JUAN GÓMEZ

Este canal es el encargado de conducir las aguas desde la estación de bombeo a la Ciénaga de Juan Gómez; en épocas de niveles bajos recibe la descarga de la estación de bombeo y en períodos de niveles altos recibe las aguas provenientes directamente de la dársena de sedimentación.

El canal está formado por tres tramos: El tramo inicial es un canal rectangular en concreto con una longitud de 40m, ancho de 8m y tirante promedio de 1.7m. En este sector se construyó un sistema de compuertas rectangulares que permite la regulación del flujo que ingresa al sistema lagunar, específicamente durante la presencia de niveles altos en el canal del Dique.

El segundo tramo está formado por un canal de transición que pasa de una sección rectangular en concreto a una sección trapezoidal en tierra. La longitud de transición es de 26.8 m.

El tercer tramo está formado por un canal en tierra de sección trapezoidal con un ancho en la base de 12m, ancho superior de 19.4 m y talud 1:1.

Posee una longitud de 1.300 m y está localizado entre la zona de transición y la Ciénaga de Juan Gómez. Ver Anexo Fotografías.

#### **4.1.3 CANAL JUAN GÓMEZ - DOLORES**

Es el encargado de conducir las aguas desde la Ciénaga de Juan Gómez hasta la estación de bombeo en Dolores sin pasar por el sistema lagunar de Bohorquez. Es un canal trapezoidal de 5 m de ancho en la base y 8 m en la superficie.

De acuerdo con las ampliaciones previstas para la conducción Dolores - Piedrecitas - Albornoz este canal será ampliado a una capacidad de conducción de  $5.77 \text{ m}^3/\text{s}$  por lo tanto las dimensiones proyectadas de la sección trapezoidal transversal son de 9.20 m en la base y 13.22 m en la superficie libre. La longitud del canal es de 3.300 m.

#### **4.1.4 ESTACIÓN DE BOMBEO EN DOLORES**

Está localizada en el final de la Ciénagas de Bohorquez y Dolores, es la

encargada de bombear hacia la ciudad de Cartagena en serie con las estaciones de Piedrecitas y Albornoz. Se construyó en el año 1971, con una capacidad nominal de 240.000 m<sup>3</sup>/día y cabeza dinámica de 96 m, en esta estación se instalaron cuatro bombas de capacidad nominal de 80.000 m<sup>3</sup>/s, de las cuales trabajaban simultáneamente tres. Se prevé ampliarla a corto plazo a una capacidad nominal de 318.000 m<sup>3</sup>/día, conservando la cabeza dinámica actual, por lo cual dentro del Plan Maestro de Acueducto de la ciudad de Cartagena se diseñó y construyó la ampliación de la estación de bombeo de Dolores consistente en la adición de tres cárcamos de succión, para la instalación de tres bombas. Con la nueva ampliación se tiene instaladas seis bombas con capacidad nominal de 80.000 m<sup>3</sup>/día cada una, y trabajando simultáneamente cuatro.

#### **4.2 ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DE AGUAS.**

Para obtener una visión del estado actual del sistema lagunar y observar la cantidad de contaminantes que gana la ciénaga de Juan Gómez, aportada por el Canal del Dique, se hizo necesario realizar análisis físico-químicos a la laguna de Juan Gómez.

**Tabla 4.2.1. Resultados de los análisis físico - químicos**

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS					
		1	2	3	4	5	6
pH	UpH	7.76	8.08	8.14	7.67	7.43	8.92
Turbiedad	NTU	240	32.9	7.46	32.5	26.1	6.02
Cloruros	mg/L	13.1	20.6	26.9	25.5	26.5	25.2
Salinidad	mg/L	0.023	0.036	0.048	0.045	0.045	0.044
Fosfatos	mg/L	0	0	0	0	0	0
Nitr. amoniacal	mg/L	0.27	0.29	0.9	0.35	0.32	0.24
Nitritos	mg/L	0.026	0.002	0.006	0.024	0.007	0.004
nitratos	mg/L	4.01	2.46	3.20	3.17	3.24	2.72
DBO	mg/L	1.04	1.09	NP	NP	0.94	NP
Solidos totales	mg/L	409	165	137	170	161	144
Solidos suspendidos	mg/L	274	31	7.6	35	25	13
Solidos disueltos	mg/L	135	134	129	135	136	131
Clorofila	mg/m <sup>3</sup>	6.19	3.71	NP	NP	4.07	NP
O.D.	mg/L	3.86	5.30	NP	NP	6.11	NP

#### 4.2.1. OXÍGENO DISUELTO

La determinación de O.D. es muy importante en Ingeniería Ambiental por ser el factor que determina la existencia de condiciones aeróbicas o anaeróbicas en un medio particular. El O.D. se presenta en cantidades variables y bajas en el agua; su contenido depende de la concentración y estabilidad del material orgánico presente y es, por ello, un factor muy importante en la autopurificación de los ríos, lagos y lagunas[29].

A pesar de ser el Oxígeno el segundo gas más común en la atmósfera, su solubilidad en agua es baja. La máxima solubilidad del oxígeno en agua expuesta a la presión atmosférica y a 20°C es solamente 9.1 mg/l. Además de su limitada solubilidad, el intercambio de agua y la atmósfera es baja [10] (Tablas 4.2.2 y 4.2.3),

#### 4.2.2. SÓLIDOS TOTALES

Se define como **sólidos** la materia que permanece como residuo después de la evaporación y el secado a 103°C. Estos sólidos totales se clasifican en filtrables o no. Los filtrables (*SOLIDOS EN DISUELTO*) son determinados directamente o por diferencia entre los sólidos totales y los suspendidos. (*SOLIDOS SUSPENDIDOS*) residuo no filtrable o material no disuelto[29].

La concentración típica de sólidos totales en el agua residual bruta está entre 350 mg/l para una concentración débil y 1200 mg/l para una concentración fuerte. De los cuales, los sólidos disueltos están entre 250 y 850 mg/l, y los sólidos suspendidos entre 100 y 300 mg/l [22] (Tabla 4.2.2).



#### **4.2.3. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.**

Uno de los ensayos más importantes para la determinación de la materia orgánica de aguas y aguas residuales es el ensayo de DBO a cinco días [29]. La materia orgánica biodegradable está compuesta por proteínas, carbohidratos y grasas animales principalmente.

Se expresa en g o mg  $O_2$  consumido por biodegradación de materia orgánica. 1 g de azúcar requiere 1 g de  $O_2$ , mientras que 1 g de  $NH_4$  requiere 4 g de  $O_2$ . El agua tiene baja concentración de  $O_2$ , entonces la oxidación requiere mucha agua. (Tabla 4.2.1)

Cuando el agua se contamina con agentes orgánicos, rápidamente habrá una deficiencia de oxígeno, como resultado de las condiciones anaeróbicas resultantes.

#### **4.2.4. SALINIDAD**

Cuando en el agua el constituyente principal es cloruro de sodio y la concentración es mayor de lo usual, se dice que el agua es salina (Tabla

4.2.2).

#### **4.2.5. NITRÓGENO Y FÓSFORO.**

Los elementos Nitrógeno y Fósforo son esenciales para el crecimiento de protistos y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes.

El nitrógeno, particularmente como nitrito e iones de amonio, es requerido por las células de las plantas en la síntesis de proteínas, de clorofial y de hormonas. Cada una de estas sustancias es requerida para que sobrevivan las plantas.

El fósforo, un elemento encontrado en varios procesos metabólicos, es también necesario para la nutrición de las plantas. La biosíntesis y varios procesos metabólicos son dependientes de la disponibilidad del fósforo [14].

Las consecuencias del exceso de nutrientes en el ambiente acuático son: la transformación de la diversidad de organismos fotosintéticos y respiratorios a sólo pocas especies de número excesivo, la capacidad de los organismos depredadores es sobrepasada, disminuye la transparencia de las aguas y cambia su color, y disminuyen los contenidos de oxígeno disuelto.

La concentración de nitrógeno en aguas residuales domésticas está en el orden de los 20 y 85 mg/l en cantidades de nitrógeno amoniacal expresado como N es del orden de 10 a 25 mg/l, las concentraciones de  $\text{NH}_3\text{-N}$  en las fuentes receptoras, no deben ser mayores de 0.02 mg/l. En aguas naturales la concentración de fósforo es baja, de 0.01 a 1 mg/l-P; en aguas residuales domésticas varia de 1 a 15 mg/l-P; en aguas de drenaje agrícola entre 0.05 - 1 mg/l-P y en aguas superficiales de lagos entre 0.01 - 0.04 mg/l-P.

## 5. MARCO TEORICO

### 5.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Es una aproximación al sistema real; sus entradas y salidas son variables hidrológicas mensurables y su estructura es un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas y las salidas. El objeto del análisis del sistema hidrológico es estudiar la operación del sistema y predecir su salida.

Las entradas y salidas pueden expresarse como funciones del tiempo,  $I(t)$  y  $Q(t)$  respectivamente, en donde  $t$  pertenece al rango del tiempo  $T$  en consideración. El sistema realiza una transformación de la entrada en la salida representada por

$$Q(t) = \Omega I(t) \quad (5.1.1)$$

El símbolo  $\Omega$  es una función de transferencia entre la entrada y la salida.

Los modelos hidrológicos pueden dividirse en dos categorías: modelos físicos y modelos abstractos. Los primeros representan el sistema a una escala reducida. Los modelos abstractos representan el sistema en forma matemática. Referencia [8].

### 5.1.1 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (TC)

Es el lapso en el cual llegan al punto de cierre de una cuenca los caudales producidos por las precipitaciones en los puntos más alejados, y que se obtiene una vez fijada la velocidad de propagación, determinada por fórmulas empíricas o medidas directas, las siguientes son las fórmulas usadas:

#### 5.1.1.1 Tiempo de Concentración de Kirpich (T1)

$$T1 : 0.0078L^{0.77} S^{-0.385} \quad (5.1.1.1)$$

T1 : Tiempo de Concentración, minutos.

L : Longitud Hidráulica de la Cuenca, pies.

S : Pendiente Promedio de la Cuenca, pie/pie.

Fuente : Referencia [8].

### 5.1.1.2 Tiempo de Concentración de Giandotti (T2)

$$T2 : (240\sqrt{A+90L})/(0.8H_{med}) \quad (5.1.1.2)$$

T2 : Tiempo de Concentración, minutos.

A : Area de la Cuenca, Km<sup>2</sup>.

L : Longitud Hidráulica de la Cuenca, Km.

H<sub>med</sub> : Altura Media de la Cuenca, metros.

Fuente: Referencia [17].

### 5.1.1.3 Tiempo de Concentración Ecuación de Retardo SCS (T3)

$$T3 : 100L^{0.8} [(1.000/CN)-9]^{0.7} / (1.900S^{0.5}) \quad (5.1.1.3)$$

T3 : Tiempo de Concentración, minutos.

L : Longitud Hidráulica de la Cuenca (mayor trayectoria de flujo), pies.

CN : Número de Curvas SCS

S : Pendiente Promedio de la Cuenca, %

Fuente: Referencia [8].

### 5.1.1.4 Tiempo de Concentración California Culverts Practice (T4)

$$T4 : 0.0195[L^3 / (H_{max} - H_{min})]^{0.385} \quad (5.1.1.4)$$

$T_4$  : Tiempo de Concentración, minutos.

$L$  : Longitud del curso de agua más largo de la Cuenca, metros.

$H_{\max}-H_{\min}$  : Desnivel máximo del cauce, metros.

Fuente: Referencia [8].

#### 5.1.1.5 Tiempo de Concentración de Ventura Heras ( $T_5$ )

$$T_5 : 60\alpha(A/S)^{0.5} \quad (5.1.1.5)$$

$T_5$  : Tiempo de Concentración, minutos.

$A$  : Area,  $\text{Km}^2$ .

$S$  : Pendiente Promedio de la Cuenca, m/m.

$\alpha$  : Coeficiente ( $0.3 \geq \alpha \geq 0.15$ )

Fuente: Referencia [17].

#### 5.1.1.6 Tiempo de Concentración Río Guaire ( $T_6$ )

$$T_6 : 0.355(A/\sqrt{S})^{0.595} \quad (5.1.1.6)$$

$T_6$  : Tiempo de Concentración, minutos.

$A$  : Area,  $\text{Km}^2$ .

$S$  : Pendiente Promedio de la Cuenca, m/Km.

Fuente: Referencia [5].

### 5.1.1.7 Tiempo de Concentración de Izzard (T7)

$$T7 : 41.025(0.0007i+c)L^{0.33} / (S^{0.333} i^{0.667}) \quad (5.1.1.7)$$

T7 : Tiempo de Concentración, minutos.

i : Intensidad de Lluvia, pulg/h.

L : Longitud de la trayectoria del flujo, pies.

S : Pendiente de la trayectoria de flujo, pie/pie.

Fuente: Referencia [8].

### 5.1.1.8 Tiempo de Concentración del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena (T8)

$$T8 : L / \{ 268.2 [(H_{\max} - H_{\min}) / L]^{0.5} \} \quad (5.1.1.8)$$

T8 : Tiempo de Concentración, minutos.

L : Longitud de Cauce Principal de la Cuenca, metros.

$H_{\max} - H_{\min}$  : Desnivel Máximo del Cauce Principal, metros.

Fuente: Referencia [1].

## 5.1.2 CURVAS DE INTENSIDAD DURACION FRECUENCIA

Uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de



diseño hidrológico, es la determinación del evento o eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar un evento que relacione la Intensidad, la Duración y la Frecuencia apropiados para la obra y el sitio. Las curvas de Intensidad–Duración-Frecuencia (IDF), pretenden establecer curvas, para cada período de retorno, donde la intensidad es expresada en función de la duración de la lluvia. Estas curvas generalmente son estimadas a partir de un análisis de frecuencia.

Debido a la ubicación del área y teniendo en cuenta las estaciones meteorológicas de la zona se utilizaron las curvas de Intensidad–Duración-Frecuencia (IDF) realizadas por Ligia Almanza, Omar Martínez y Rubén Velázquez en su tesis de grado " Prediseño del alcantarillado del sector de San Vicente de Paul, Cartagena de Indias " [4], para analizar el evento o los eventos de lluvia que se van a usar para el diseño hidrológico; dichas curvas fueron realizadas a partir de información de la estación ubicada en el Aeropuerto Rafael Nuñez de la ciudad de Cartagena.

Las curvas intensidad – duración - frecuencia cumplen la siguiente ecuación:

$$I = 616.976 * T^{0.186} / (t+10)^{0.561} \quad (5.1.2.1)$$

I = Intensidad, mm/h

T = Período de Retorno, años

t = Tiempo, min

### 5.1.3 HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO UTILIZANDO LAS RELACIONES IDF

Para el cálculo de caudales por medio de hidrogramas es necesario establecer una forma para determinar la cantidad de lluvia que cae sobre la superficie terrestre durante el tiempo de duración de la misma y la distribución de los caudales en el tiempo, con un sistema confiable de hietogramas de diseño que tenga en consideración la distribución de la precipitación.

#### Método del Bloque Alternó

Es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño a partir de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en  $n$  intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración total de  $T_d = n\Delta t$ .

Seleccionando el período de retorno de diseño, calculando la intensidad con

las curvas IDF para cada una de las duraciones  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ , y la profundidad de precipitación se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Realizando las diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse para cada unidad adicional de tiempo  $t$ . Estos incrementos o bloques se ordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño. (Referencia [8])

#### 5.1.4 METODO SCS DE ABSTRACCIONES

Para la tormenta como un todo, la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa  $P_e$  es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación  $P$ ; de manera similar, después de que la escorrentía se inicia, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca  $F_a$  es menor o igual a alguna retención potencial máxima  $S$ . Existe una cierta cantidad de precipitación  $I_a$  (abstracción inicial antes del encharcamiento) para la cual no ocurrirá este fenómeno, luego la escorrentía potencial es  $P-I_a$ . La hipótesis del método del SCS consiste en que las relaciones de las dos

cantidades reales y las dos cantidades potenciales son iguales, es decir,

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P - I_a} \quad (5.1.4.1)$$

Del principio de continuidad

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (5.1.4.2)$$

Combinando (5.1.4.1) y (5.1.4.2) y resolviendo para  $P_e$  se encuentra

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (5.1.4.3)$$

la cual es la ecuación básica para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación o escorrentía directa de una tormenta utilizando el método SCS. Al estudiar los resultados obtenidos para muchas cuencas experimentales pequeñas, se desarrolló una relación empírica,

$$I_a = 5.08S$$

Con base en esto

$$P_e = \frac{(P - 5.08S)^2}{P + 20.32S} \quad (5.1.4.4)$$

Al presentar la información de  $P$  y  $P_e$  para muchas cuencas, el SCS encontró curvas, que se definieron como un número adimensional de curva  $CN$ , tal que  $100 \geq CN \geq 0$ . Para superficies impermeables y superficies de

agua CN=100; para superficies naturales CN<100. El número de curvas y S se relacionan por

$$S = 1.000/CN - 10 \quad (5.1.4.5)$$

Donde S se obtiene en milímetros

Fuente: Referencia [8].

### 5.1.5 HIDROGRAMA UNITARIO

Es la función respuesta de pulso unitario para un sistema hidrológico lineal. Encierra las características fisiográficas y climáticas que marcan las relaciones entre lluvia y escorrentía para una cuenca de drenaje particular.

Las suposiciones básicas de este modelo son que el exceso de precipitación tiene una intensidad constante dentro de la duración efectiva y esta uniformemente distribuido a través de toda el área de drenaje. Las variaciones estacionales en las características superficiales de la cuenca no se tienen en cuenta.

#### 5.1.5.1 Teoría Clásica de la Linearidad

**Ancho Base Constante.** Los hidrogramas de escorrentía superficial total

generados por lluvias de la misma duración tienen el mismo ancho base, sin importar la intensidad de la lluvia neta.

**Linearidad.** Los caudales de los hidrogramas de escorrentía superficial son proporcionales a las alturas de lluvia neta productoras de tales hidrogramas, para lluvias de la misma duración.

**Superposición.** Los caudales del hidrograma resultante de escorrentía superficial total, producto de lluvias netas sucesivas, pueden hallarse añadiendo los caudales de los hidrogramas de escorrentía superficial total producidos por lluvias netas individuales, tomando en cuenta los tiempos en que ocurren tales lluvias.

#### 5.1.6 HIDROGRAMA UNITARIO SINTÉTICO

El hidrograma unitario sintético se utiliza en cuencas sin estaciones de registro y se basan en relaciones empíricas que relacionan las características de la cuenca con aspectos geométricos del hidrograma unitario. El método que se va usar es el hidrograma unitario adimensional del SCS (Soil Conservation Service), que fue preparado utilizando los hidrogramas unitarios de una variedad de cuencas.

### Hidrograna Adimensional del S.C.S.

Es un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal  $q$  con respecto al caudal pico  $q_p$  y el tiempo por la relación del tiempo  $t$  con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario  $T_p$ . Considera que el tiempo de recesión puede aproximarse a  $1.67 T_p$ . Ver figura 5.6.1.1

Como el área bajo el hidrograma unitario es igual a una escorrentía directa de 1 cm, el caudal pico puede expresarse así:

$$q_p = \frac{C A}{T_p} \quad (5.1.6.1.1)$$

donde,

$C = 2.08$ ,  $A$  es el área de drenaje en kilómetros cuadrados y  $q_p$  es el caudal pico en  $m^3/seg$ .

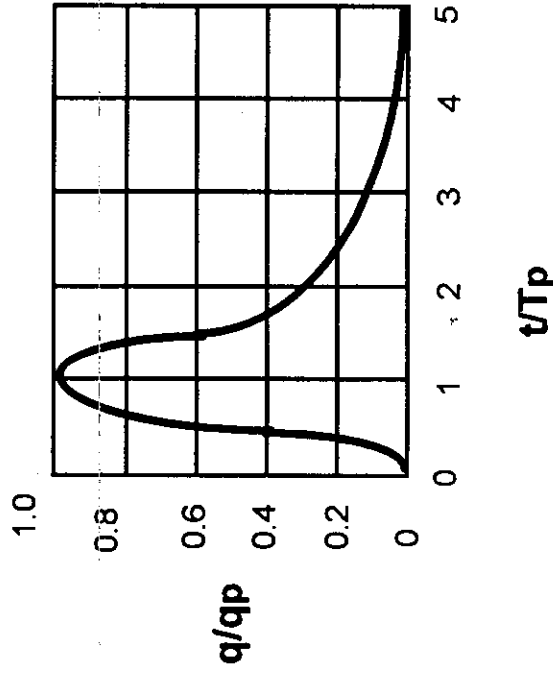
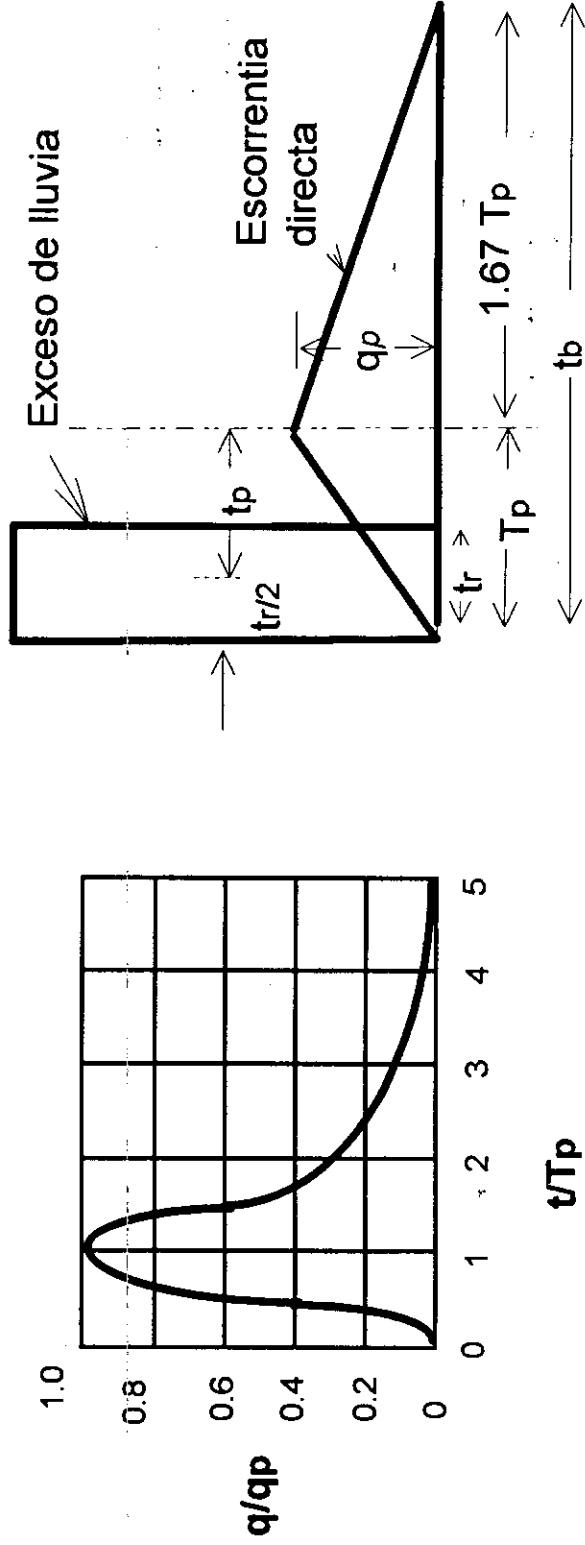
El tiempo de ocurrencia del pico puede determinarse a partir del tiempo de retardo y la duración de la lluvia efectiva.

$$T_p = t_r/2 + t_p \quad (5.1.6.1.2)$$

siendo,

$t_r$  el tiempo de duración de la lluvia en horas

Figura 5.1.6.1 Hidrograma Adimensional S.C.S.





$$t_r = 2 \cdot \sqrt{T_c} \quad (5.1.6.1.3)$$

$t_p$  es el tiempo de retardo en horas

$$t_p = 0.6 T_c \quad (5.1.6.1.4)$$

donde

$T_c$  es el tiempo de concentración de la cuenca en horas.

### 5.1.7 TRÁNSITO DE SISTEMAS AGREGADOS

Para un sistema hidrológico, la entrada  $I(t)$ , la salida  $Q(t)$  y el almacenamiento  $S(t)$  se relacionan con la ecuación de continuidad:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \quad (5.1.8.1)$$

Si el hidrógrama de entrada,  $I(t)$ , es conocido, la ecuación (5.1.8.1) no puede resolverse directamente para obtener el hidrógrama de salida  $Q(t)$ , porque tanto  $Q$  como  $S$  son incógnitas. Se necesita una segunda relación, o función de almacenamiento para relacionar  $S$ ,  $I$  y  $Q$ ; el acoplamiento de la función de almacenamiento y la ecuación de continuidad proporciona una combinación de las dos ecuaciones y las dos incógnitas que puede resolverse. La forma específica de la función de almacenamiento a emplearse depende del tránsito a través de embalses utilizando el método

de la piscina nivelada, en el cual el almacenamiento es una función no lineal de Q solamente:

$$S = f(Q) \quad (5.1.8.2)$$

Y la función  $f(Q)$  se determina relacionando el almacenamiento y la salida del embalse con el nivel del agua de este.

#### 5.1.8.1 Metodo De Runge Kutta

Se adoptará el esquema de Runge Kutta de tercer orden; este parte cada intervalo de tiempo en tres incrementos y calcula valores sucesivos de la elevación de la superficie de agua y el caudal de salida del embalse para cada incremento. Referencia [8].

La ecuación de continuidad se expresa como:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(H) \quad (5.1.7.1.1)$$

donde,

S es el volumen de agua almacenado en el embalse;  $I(t)$  es el flujo de entrada al embalse como función del tiempo; y  $Q(H)$  es el flujo de salida del

embalse, que se determina mediante la cabeza o elevación (H) en el embalse. El cambio en el volumen  $dS$ , debido al cambio en la elevación,  $dH$ , puede expresarse como:

$$dS = A(H)dH \quad (5.1.7.1.2)$$

donde  $A(H)$  es el área de la superficie de agua correspondiente a la elevación  $H$ . La ecuación de continuidad puede escribirse como:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{I(t) - Q(H)}{A(H)} \quad (5.1.7.1.3)$$

La solución se extiende hacia adelante utilizando pequeños incrementos de la variable independiente, tiempo y usando valores conocidos de la variable dependiente  $H$ . Para un esquema de tercer orden, existen tres incrementos en cada intervalo de tiempo  $\Delta t$  y se hacen tres aproximaciones sucesivas para el cambio de elevación,  $dH$ .

La pendiente  $dH/dt$ , aproximada por  $\Delta H/\Delta t$ , se evalúa primero en  $(H_j, t_j)$  luego en  $(H_j + \Delta H_1/3, t_j + \Delta t/3)$  y finalmente en  $(H_j + 2\Delta H_2/3, t_j + 2\Delta t/3)$ . En las ecuaciones,

$$\Delta H_1 = \frac{I(t_j) - Q(H_j)}{A(H_j)} \Delta t \quad (5.1.7.1.4a)$$

$$\Delta H_2 = \frac{I(t_i + \Delta t/3) - Q(H_i + \Delta H_1/3)}{A(H_i + \Delta H_1/3)} \Delta t \quad (5.1.7.1.4b)$$

$$\Delta H_3 = \frac{I(t_i + 2\Delta t/3) - Q(H_i + 2\Delta H_2/3)}{A(H_i + 2\Delta H_2/3)} \Delta t \quad (5.1.7.1.4c)$$

El valor de  $H_{j+1}$  está dado por

$$H_{j+1} = H_j + \Delta H \quad (5.1.7.1.5)$$

donde

$$\Delta H = \frac{\Delta H_1}{4} + \frac{3\Delta H_3}{4} \quad (5.1.7.1.6)$$

## 5.2 MODELO DE CALIDAD DE AGUAS

El modelo de calidad de aguas es una herramienta necesaria, sobre todo cuando se van a implantar sistemas de tratamiento de aguas residuales. Es claro que no todas las corrientes de agua tienen el mismo uso, los requerimientos de cada comunidad son diferentes como lo son las corrientes receptoras [31].

### 5.2.1 DIFUSIÓN

El cambio de concentración de un contaminante en un cuerpo de agua por efecto de la difusión ocurre por el gradiente de concentración. La difusión se puede definir por medio de una ecuación matemática que describa el comportamiento de dos o más sustancias líquidas en contacto por medio de la ley de Fick, la cual afirma que hay una relación lineal entre la velocidad a la cual una sustancia disuelta (w) pasa a través de un área (A) en dirección ortogonal a esta, y la tasa con que la concentración de la sustancia (c) está cambiando en la dirección ortogonal del área es decir [17] :

$$\frac{\partial w}{\partial t} = E A \frac{\partial C}{\partial x} \tag{5.2.1.1}$$

Donde :

$\frac{\partial C}{\partial x}$  : Gradiente de concentración en la dirección x.

E : Coeficiente de difusión o dispersión

Para un volumen de agua determinado (V):

$$\partial w = V \partial C. \tag{5.2.1.2}$$

Luego la ecuación:

$$V \frac{\partial C}{\partial t} = E A \frac{\partial C}{\partial x} \quad (5.2.1.3)$$

Donde :

V : Volumen de agua bajo el área superficial (A).

### 5.2.2 ADVECCIÓN

La advección es el fenómeno por el cual la concentración de un contaminante cambia de un lugar a otro por el flujo Q de la corriente que pasa de un cuerpo de agua a otra en un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , la ecuación que gobierna este fenómeno se expresa de la siguiente forma [17] :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -Q / A \left( \frac{\partial C}{\partial x} \right) \quad (5.2.2.1)$$

### 5.2.3 REACCIÓN

El cambio de concentración de un contaminante como consecuencia de la reacción se debe a transformaciones químicas y/o biológicas, la velocidad

con que un contaminante es removido por reacción es proporcional a la cantidad de sustancia presente en el agua, es decir [17] :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -KC. \quad (5.2.3.1)$$

Donde :

K : es la constante de velocidad de la reacción expresadas en unidades ( $T^{-1}$ ) la cual depende de diferentes factores ambientales. El signo negativo de la ecuación se debe a que hay una reducción de contaminantes por reacción.

#### 5.2.4 MODELO AMBIENTAL.

El modelo de calidad de aguas propuesto es una aproximación por diferencias finitas de las ecuaciones representativas de los fenómenos enunciados en los numerales (5.2.1 ; 5.2.2 ; 5.2.3) [17] .

La figura 6.2.6.1. muestra esquemáticamente la Ciénaga Juan Gómez dividida en tres secciones, donde una celda cualquiera ( k ) recibe aportes ó salidas de contaminantes de las celdas vecinas ( j ) como consecuencia de la difusión y la advección.

Al realizar un balance de masa de la celda  $k$  que se considera completamente mezclada, es decir, sin gradientes de concentración en ella misma. El cambio de concentración de contaminantes de la celda  $k$  ( $C_k$ ) en el tiempo viene dado por [17] :

$$V_k \frac{dC_k}{dt} \quad (5.2.4.1)$$

Donde  $V_k$  es el volumen de la celda que se calcula con el promedio de las alturas multiplicando por el área superficial de la celda. La masa de contaminantes expresada por la ecuación puede ser escrito como [17] :

$$\sum_j - Q_{kj} (\alpha_{kj} C_k + \beta_{kj} C_{kj}) \quad (5.2.4.2)$$

Es decir, es la cantidad de contaminantes que sale de la celda  $k$  transportada por el caudal  $Q_{kj}$  hacia las celdas vecinas  $j$ . Donde  $\alpha_{kj}$  y  $\beta_{kj}$  son los pesos con los cuales es calculado el promedio de la concentración entre las celdas vecinas. Si se supone una interpolación lineal entre las concentraciones de celdas adyacentes  $k$  y  $j$ , se puede encontrar una primera aproximación de los pesos  $\alpha$  y  $\beta$  de la siguiente forma [17]:



$$\alpha_{KJ} = L_J / (L_J + L_K) ; \beta_{KJ} = 1 - \alpha_{KJ}. \quad (5.2.4.3)$$

Donde  $L_J$  y  $L_K$  son las longitudes de las celdas  $j$  y  $k$  respectivamente.

El cambio de masa de contaminantes debido a la diferencia de concentración entre celdas es gobernado por la ecuación (5.2.1.3).

Que expresada en diferencias finitas es [17]:

$$E_{KJ} A_{KJ} (C_J - C_K) / L_{KJ}. \quad (5.2.4.4)$$

Donde :

$L_{KJ}$  : es la distancia promedio entre dos celdas adyacentes ..

Haciendo :

$$E'_{KJ} = ( E_{KJ} A_{KJ} ) / L_{KJ}. \quad (5.2.4.5)$$

Se tiene para todas las celdas adyacentes ..

$$\sum_j E'_{KJ} ( C_J - C_K ). \quad (5.2.4.6)$$

Si el contaminante  $C$  decae en la celda  $k$  por medio de una reacción, esta

se expresa en términos de la ecuación como sigue :

$$-V_k K_k C_k \quad (5.2.4.7)$$

Donde  $K_k$  es la constante de reacción de la celda  $k$ .

Finalmente, otros aportes o salidas de contaminantes  $C$  son incluidos como una descarga de material  $C$  que viene dado por  $W_k$ . Cabe anotar que para este esquema de diferencias finitas no se distingue entre descarga puntual y distribuida.

La tasa de cambio de  $C_k$  está dada por la suma del término difusivo, el término de advección, la reacción, descargas directas y el caudal de salida por las estructuras ( $Q_s$ ).

Es decir :

$$V_k \partial C_k / \partial t := \sum_j Q_{kj} (\alpha_{kj} C_k + \beta_{kj} C_{kj}) + \sum_j E'_{kj} (C_j - C_k) - V_k K_k C_k + W_k - Q_s \quad (5.2.4.8)$$

Despejando  $W_k$  y agrupando términos se tiene :

$$a_{kk}C_k + \sum_j a_{kj}C_j + b_{kk}\partial C_k/\partial t = W_k. \quad (5.2.4.9)$$

Donde :

$$a_{kk} = \sum_j (Q_{kj} \alpha_{kj} + E'_{kj}) + V_k K_k + Q_s \quad (5.2.4.10)$$

$$a_{kj} = Q_{kj} \beta_{kj} - E'_{kj} \quad K = 1, 2 \dots n \quad (5.2.4.11)$$

$$b_{kk} = V_k \quad (5.2.4.12)$$

La ecuación se puede expresar en forma matricial de la siguiente manera [17]:

$$[A](C) + [B](\partial C/\partial t) = (W). \quad (5.2.4.13)$$

Cuando se tiene estado estable  $\partial C/\partial t = 0$ , quedando la ecuación [17]:

$$[A](C) = (W) \quad (5.2.4.14)$$

De esta manera se obtiene un sistema de ecuaciones donde , en muchos casos la matriz [ A ] tiene muchos elementos cuyo valor es cero [17].

Dentro del esquema presentado se hace necesario el conocimiento de

condiciones "actuales" del sistema para conocer su respuesta a los agentes externos como se explica en el numeral correspondiente a la calibración.

### **5.2.5 MODELACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO)**

Durante el proceso de la demanda bioquímica de oxígeno DBO, se tiene una reacción monomolecular en la cual la velocidad a la que ocurre la desoxigenación es proporcional a la cantidad de materia orgánica presente en el agua en ese instante [12].

La DBO total se consigue en dos etapas: por medio de la demanda bioquímica de oxígeno carbonacea (DBOC) y la DBO nitrogenada (DBON)

El parámetro de contaminación orgánica más empleado, aplicable tanto a aguas residuales como a aguas superficiales, es la DBO a 5 días. La determinación del mismo está relacionada con la medición de oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. los resultados de la DBO se emplean para [22] :

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.

- Dimensionar las instalaciones de tratamiento de aguas residuales.
- Medir la eficiencia de algunos procesos de tratamiento, y
- Controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

Por razones de tipo práctico, la cinética de la reacción de la DBO se fórmula de acuerdo con una reacción de primer orden, y pueden expresarse de la siguiente manera;

$$dL_t/dt = -kL_t \quad (5.2.5.1)$$

Donde:

$L_t$ : es la cantidad de DBO de la primera fase que queda en el agua en el instante  $t$ , y

$k$ : es la constante de la reacción. esta ecuación puede integrarse quedando como resultado:

$$L/L = e^{-kt} = 10^{-kt} \quad (5.2.5.2)$$

Donde:

$L$  o  $DBO_L$  : es la DBO que queda en el instante  $t = 0$  (es decir, la DBO total o última de la primera fase inicialmente presente).

La cantidad de DBO presente en el instante  $t$  es;

$$L_t = L (e^{-kt}) \quad (5.2.5.3)$$

En tanto que  $y$ , la cantidad de DBO eliminada en el instante  $t$  es;

$$y = L - L_t \quad (5.2.5.4)$$

La  $DBO_5$  es igual a:

$$y_5 = L (1 - e^{-k5}). \quad (5.2.5.5)$$

Para el caso de aguas contaminadas o aguas residuales, un valor típico para  $k$  puede ser  $0,23 \text{ d}^{-1}$ , no obstante, el valor de la constante de reacción varía bastante, dependiendo del tipo de agua residual. Pueden variar entre  $0.05$  y  $0.3 \text{ d}^{-1}$  (en base  $e$ ), o alcanzar valores incluso superiores a estos [22].

El análisis de la DBO de un agua residual suele hacerse a  $20^\circ\text{C}$ . No

obstante, también es posible determinar el valor de la constante de reacción a otras temperaturas. Para ello se puede emplear la siguiente ecuación aproximada, que se deriva de la relación de Van't Hoff Arrhenius [22] :

$$kt = k_{20} \phi^{(t-20)} \quad (5.2.5.6)$$

Se ha podido comprobar que los valores de  $\phi$  varían entre 1,056 cuando la temperatura se halla entre 20 y 30°C y 1.135 cuando la temperatura se sitúa entre 4 y 20°C .

Como se dijo anteriormente, tanto la DBOC como la DBON siguen una reacción de primer orden. Para propósitos prácticos del modelo no se tiene en cuenta que la DBON se presenta después de presentarse la DBOC y se supone el efecto de las dos así [22] :

$$\partial l / \partial t = -k_1 L - k_n L_n \quad (5.2.5.7)$$

Donde

$\partial l / \partial t$ : Tasa de cambio en la concentración de DBO última (DBOu) con el tiempo.

$K_1 L$  : Remoción de DBOu por oxidación.

$k_n L_n$  : Remoción de DBON por oxidación de compuestos amoniacales .

$k_1, k_n$  : Constantes de remoción.

Sumándole los efectos de difusión y advección a la ecuación se tiene [12] :

$$\partial l / \partial t = \sum_j - Q_{KJ} (\alpha_{KJ} L_{NK} + \beta_{KJ} L_{NKJ}) + \sum_j E'_{KJ} (L_{NJ} - L_{NK}) - V_K K_K L_{NK} + W_K \quad (5.2.5.8)$$

En el esquema numérico el término de descarga  $W_k$  no varía ya que no se tiene entradas o salidas diferentes a la difusión y advección .

## 5.2.6 FÓSFORO

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales ; actualmente se considera como uno de los nutrientes que controla el crecimiento de las algas. Por consiguiente un exceso de fósforo produce un desarrollo exorbitado de algas. Las descargas de aguas residuales no tratadas o parcialmente tratadas contienen excesivas cantidades de fósforo aumentando la tasa de eutroficación del cuerpo de agua y creando condiciones inadecuadas para el uso benéfico del agua ; de los compuestos que contienen fósforo , los siguientes son de especial interés en el manejo



de calidad de agua : fósforo orgánico (como ortofosfatos( $\text{PO}_4^{-3}$ )) y fosfatos disueltos [29] .

#### 5.2.6.1. Ciclo del Fósforo.

El fósforo circula entre formas orgánicas inorgánicas (Véase figura 5.2.6.1.1.). La erosión de la roca fosfórica produce fosfatos disueltos (fósforo inorgánico)de los cuales una parte se sedimenta y se incorpora de nuevo a la roca fosfórica, y otra parte es utilizada para la síntesis del protoplasma generando así fósforo orgánico ( como ortofosfatos( $\text{PO}_4^{-3}$ )). El protoplasma de plantas y animales muertos es atacado por bacterias fosfatizantes que producen fosfatos disueltos completando así el ciclo. De igual forma la excreción de huesos y dientes de animales genera fosfato disuelto.

Las ecuaciones a utilizar que relacionan el fósforo son [34 y 37]:

Las ecuaciones a utilizar que relacionan el fósforo son :

Fósforo Orgánico

$$dP_1/dt = - K_6P_1 \quad (5.2.6.1)$$

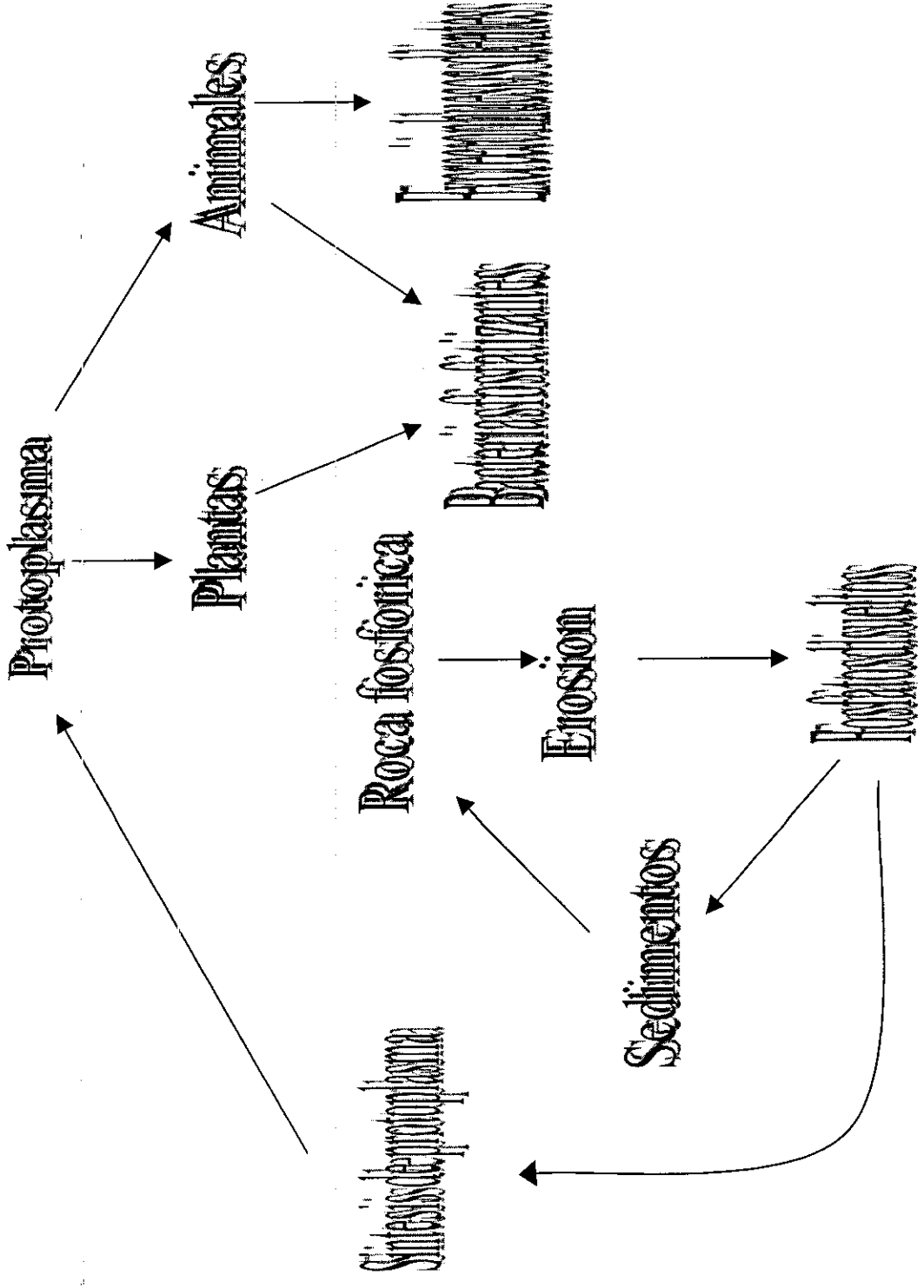


Figura No 5.2.6.1.1 CICLO DEL FOSFORO

Fósforo Disuelto

$$dP_2 / dt = K_7 P_1 \quad (5.2.6.2)$$

$P_1$  : Concentración de fósforo orgánico, mg-P/L

$P_2$  : Concentración de fósforo inorgánico o disuelto, mg-P/L

$K_6$  : Tasa de fijación de fósforo orgánico, días<sup>-1</sup>

$K_7$  : Tasa de decaimiento de fósforo orgánico, días<sup>-1</sup>

### 5.2.7 NITRÓGENO

El nitrógeno es un constituyente de las proteínas y los ácidos nucleicos , es el elemento más requerido por muchos organismos después del oxígeno y el carbono. Es esencial para el crecimiento de proteínas y plantas , razón por la cual recibe el nombre de nutrientes o bioestimulador . de los compuestos que contienen nitrógeno , los siguientes son de esencial interés en el manejo de calidad de agua : nitrógeno orgánico, amoníaco ( $NH_3$ ), nitrito ( $NO_2$ ), nitratos ( $NO_3$ ) y nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ) [30 y 31] .

### 5.2.7.1 Ciclo del nitrógeno.

La figura No 5.2.7.1.1. representa esquemáticamente el ciclo del nitrógeno. La atmósfera representa la principal reserva de nitrógeno. Este es removido de la atmósfera y convertido en proteínas mediante bacterias fijadoras de nitrógeno y por ciertas algas. Además las tormentas eléctricas ocasionan la oxidación del nitrógeno atmosférico formando así nitratos. Los nitratos sirven para fertilizar las plantas y se convierten en proteínas para la acción de la luz solar. El nitrógeno orgánico contenido en plantas y microorganismos se transforma en nitrógeno amoniacal ( $\text{NH}_3$ ) debido a la muerte y a la descomposición bacteriana en un proceso que se conoce como amonificación. Los animales y los humanos a su vez utilizan las proteínas de las plantas para su subsistencia. Los compuestos del nitrógeno no utilizados son arrojados en los excrementos y por medio de la descomposición bacteriana se transforma en amoniacos. De igual forma el nitrógeno amoniacal.

El amoniaco producido por la descomposición bacteriana puede ser utilizado directamente por las plantas; si se produce un exceso, en condiciones aeróbicas, tal exceso se transforma en nitritos mediante la oxidación bacteriana, en un proceso conocido como nitrificación. Estos nitritos a su vez

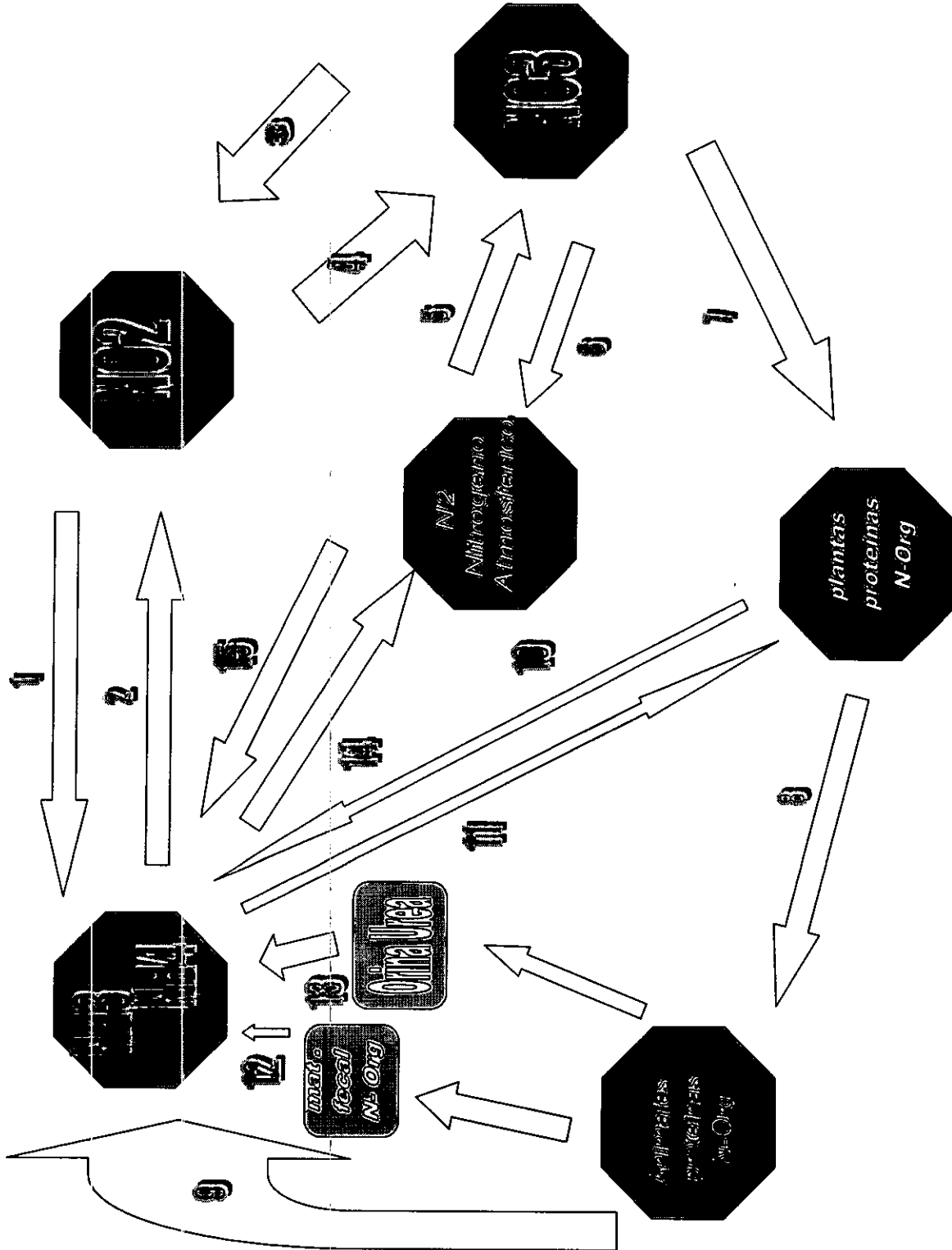


Figura No 5.2.7.1.1 CICLO DEL NITROGENO

se oxidan y se transforman en nitratos por reducción bacterial llamada desnitrificación y estos a nitrógeno gaseoso mediante el mismo proceso [29].

Las interrelaciones de los compuestos del nitrógeno en un cuerpo de agua pueden observarse en la figura No 5.2.7.1.2.

Las ecuaciones representativas de los procesos en los que interviene el nitrógeno se presenta a continuación [34 y 37]:

Nitrógeno Orgánico.

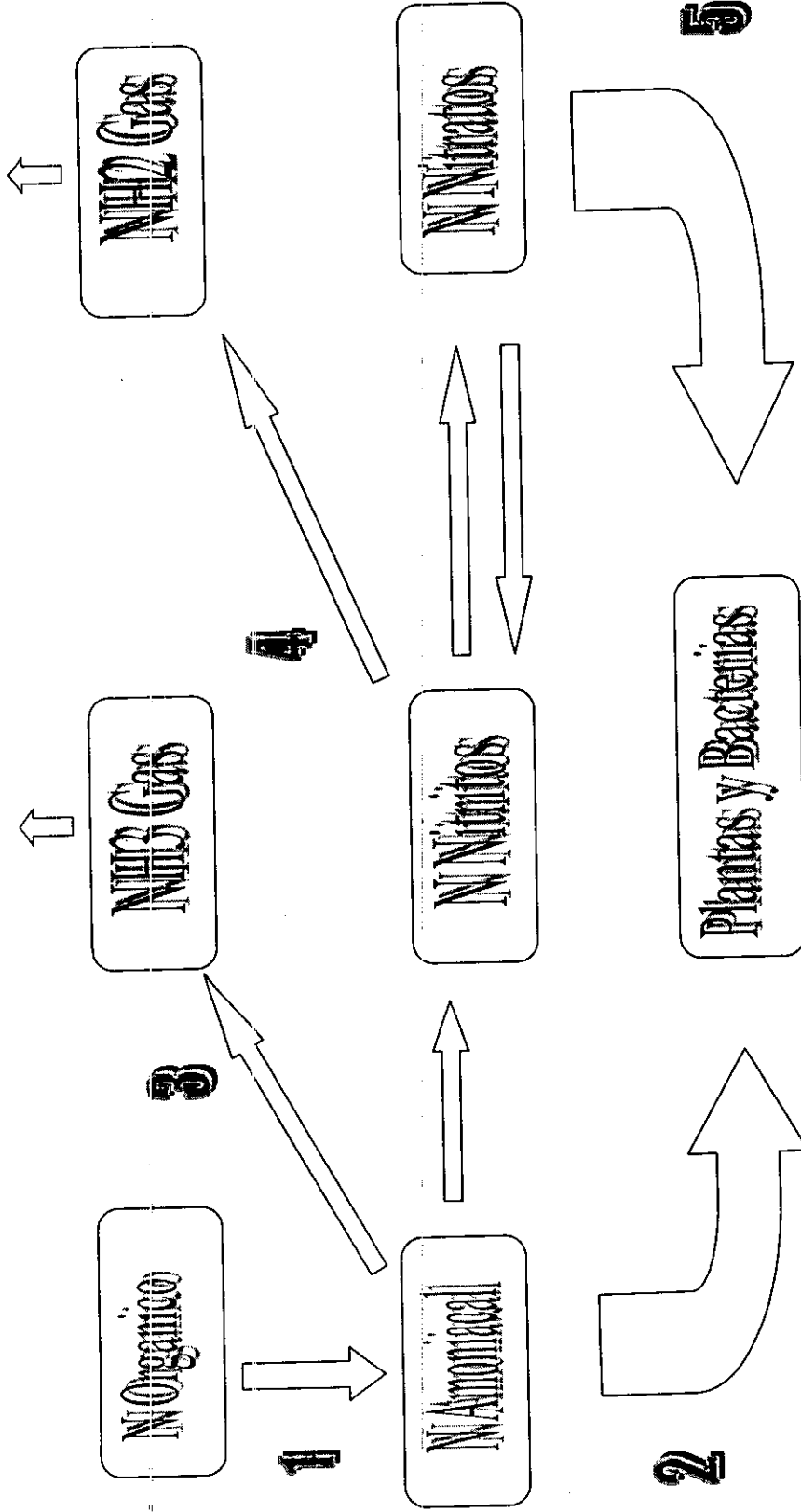
$$dN_4/dt = K_2 N_4 \quad (5.2.7.1)$$

Nitrógeno Amoniacal

$$dN_1/dt = K_3 N_4 - K_4 N_1 \quad (5.2.7.2)$$

Nitrógeno Nitrito

$$dN_2/dt = K_4 N_1 - K_5 N_2 \quad (5.2.7.3)$$



- 1. Ammonificación
- 2. Asimilación
- 3. Excehrelap
- 4. Desnitrificación
- 5. Asimilación

Figura No 5.2.7.1.2 INTERRELACION DE LOS COMPUESTOS DEL NITROGENO EN UN MEDIO ACUATICO

Nitrógeno Nitrato

$$dN_3/dt = K_5 N_2 \quad (5.2.7.4)$$

$N_1$  : Concentración de nitrógeno amoniacal, mg.-N/lit

$N_2$  : Concentración de nitrógeno nitrito, mg.-N/lit

$N_3$  : Concentración de nitrógeno nitrato, mg.-N/lit

$N_4$  : Concentración de nitrógeno orgánico, mg.-N/lit

$K_4$  : tasa constante para oxidación biológica de nitrógeno amoniacal, días<sup>-1</sup>

$K_5$  : tasa constante para oxidación de nitrógeno - nitrito, días<sup>-1</sup>

$K_3$  : tasa de hidrólisis de nitrógeno orgánico, días<sup>-1</sup>

### 5.2.8 MODELACION DE OXÍGENO DISUELTO (O.D)

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios y otras formas de vida. "La cantidad real de oxígeno que puede estar presente en un cuerpo de agua, viene condicionada por: la solubilidad del gas, la presión parcial del gas en la atmósfera y la pureza del agua (salinidad, algas, organismos patógenos, sólidos en suspensión, etc.)" [22].

Una de las principales fuentes de oxígeno en cuerpos de agua es la



fotosíntesis por fitoplancton. En condiciones de crecimiento acelerado de estos organismos fotosintéticos, el equilibrio del carbono también puede alterarse, por la utilización del  $\text{CO}_2$  contenido en el agua, como fuente principal de carbono. además, en sistemas con altas poblaciones de fitoplancton, las concentraciones de nitrógeno en forma de  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}_3$ , pueden ser muy bajas.

El oxígeno disuelto se modela por medio de un sistema de consumos y aportes, los cuales se deben a la DBO, DBON y otros aspectos de la naturaleza que se mencionan a continuación [17].

#### 5.2.8.1 Reareación

Es proporcional a la diferencia de oxígeno en el agua lo cual puede expresarse como [17]:

$$\partial C/\partial t = K_a (C_s - C) \quad (5.2.8.1.1)$$

Donde .

$C_s$  : Concentración de saturación de oxígeno. Mg/lit

$C$  : Concentración de oxígeno en un instante  $t$ . mg/lt

$K_a$  : Coeficiente de reareación.

La concentración de saturación de oxígeno disuelto depende de la presión, la temperatura y la salinidad, se puede calcular con la formula (5.2.8.1.2):

$$\ln C_s = -139.34410 + (1.575701 \times 10^5 / T) - (6642308 \times 10^7 / T^2) + (1.243800 \times 10^{10} / T^3) - (8.621949 \times 10^{11} / T^4)$$

$T$  : Temperatura ( $^{\circ}K$ ) = ( $^{\circ}C + 273.150$ ) y varia entre 0.0 y  $40^{\circ}C$  (5.2.8.1.2a)

ó por la siguiente expresión:

$$C_{s0} = 14.652 - 0.41022T + 0.0079911T^2 - 0.000077774T^3 \quad (5.2.8.1.3)$$

donde  $C_{s0}$ : concentración de saturación del oxígeno bajo salinidad cero, mg-O/lt.

$T$  : temperatura del agua,  $^{\circ}C$ .

Esta última ecuación debe corregirse por efectos de salinidad de la siguiente forma:

$$C'_s = C_{s0} (1 - S \times 10^{-5}) \quad (5.2.8.1.4)$$

$C'_s$ : concentración del oxígeno corregida, mg-O/lit

S: salinidad del agua expresada como cloruros, partes por mil

El paso del oxígeno de la atmósfera al agua se hace por el mecanismo de solución en la superficie de contacto aire agua, este mecanismo es por lo general el viento en casos de lagos y lagunas y es por esto que el valor de  $K_a$  se encuentra en función de éste. Se establece para cada celda:

$$K_a = (0.384 V_v^{0.5} - 0.0088 V_v + 0.0029 V_v^2)/H \quad (5.2.8.1.5)$$

Donde

$V_v$ : es la velocidad del viento, Km/hr

H: altura de la celda, m.

este valor se corrige según la temperatura del agua.

$$(K_a)_T = K_a \theta^{T-20} \quad (5.2.8.1.6)$$

donde  $\theta$  es el factor de corrección por temperatura, que toma un valor de 1.024.

El coeficiente de reareación atmosférica puede estimarse de varias formas, una de ellas es utilizar los datos recopilados de otros investigadores que lo mantienen en un rango de 0.0 a 100 días<sup>-1</sup>.

Una vez definidos los sistemas de aportes y consumos se procede a realizar un balance de oxígeno en el cuerpo de agua así :

$$\text{Balance de OD} = K_a (C_s - C) - K_1 L - K_4 N_1 - K_5 N_2 \quad (5.2.8.1.7)$$

Introduciendo estos nuevos factores en el balance realizado para cualquier contaminante

$$[V_k \frac{dc_k}{dt} = \sum_j Q_{kj} (\alpha_{kj} C_k + \beta_{kj} C_{kj}) + \sum_j E'_{kj} (C_j - C_k) - V_k K_k C_k + W_k], \quad (5.2.8.1.8)$$

se tiene que el termino de descarga debe ser afectado como sigue.

$$W_k = W_{k+A} \times C_s - K_1 L - K_4 N_1 - K_5 N_2 \quad (5.2.8.1.9)$$

De esta manera se realiza el balance de oxígeno para cada celda.

### 5.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA

#### 5.3.1 VERTEDEROS DE PARED GRUESA

Si la cresta del vertedero no es una arista afilada, se presenta entonces el vertedero de pared gruesa que puede adquirir varias formas. La forma más sencilla consiste en aumentar el espesor de la cresta en un vertedero sin contracciones laterales.

Cuando  $e/h < 0.67$  (siendo  $e$  el espesor de la cresta y  $h$  la altura entre la parte superior de la cresta y el nivel de agua), el chorro se separa y el funcionamiento es idéntico al vertedero de pared delgada.

Cuando  $e/h > 0.67$  el funcionamiento es diferente, pues la lámina del vertedero se adhiere a la cresta del vertedero. Se presentan también distintos funcionamientos, dependiendo de la altura  $w$  de la cresta sobre el fondo del canal. Cabe aclarar que los valores del coeficiente de gasto obtenidos por diferentes autores difieren entre sí, de ahí que el procedimiento comúnmente aceptado para evaluarlo, en el caso de que  $e/h > 0.67$  y el vertedero sea rectangular, es el de Bazin ; está consiste en usar la ecuación de los vertederos rectangulares de pares delgada, afectado de

un coeficiente de reducción  $\varepsilon_1$ , a saber :

$$Q = \varepsilon_1 C b h^{3/2} \quad (5.3.1.1)$$

Donde,

$$Q = \text{Caudal, m}^3/\text{s}$$

$\varepsilon_1$  = Coeficiente de reducción para vertederos de pared gruesa, se puede calcular con la figura 7.24 del libro Hidráulica General Gilberto Sotelo.

Referencia [33].

$$C = \frac{2}{3} \sqrt{2g} \mu, \quad (5.3.1.2)$$

$\mu$  es el coeficiente de gasto que se puede calcular con las fórmulas de las tablas 7.1 y 7.2 del libro Hidráulica General Gilberto Sotelo [33]

$b$  = ancho de la base del vertedero.

$h$  = altura de la lámina de agua entre la parte superior de la cresta y el nivel del agua.

En problemas que se presenten dentro de la práctica es frecuente encontrar que este tipo de vertederos trabajen ahogados ; es decir casos en que se presenta mayor reducción en el coeficiente de gasto por la influencia de las cargas de agua, de tal modo que la ecuación (5.3.1.1) se ve afectada por un segundo coeficiente  $\varepsilon_2$ , que toma en cuenta dicho efecto. Los valores de  $\varepsilon_2$  se obtienen de la figura 7.25 (Hidráulica General Gilberto Sotelo [33]) en

razón de la relación  $(h-h'')/h$  donde  $h''$  es la diferencia entre la cresta y la altura de la superficie, aguas abajo del vertedero;  $h''$  es negativo cuando el nivel está por debajo de la cresta y positivo en caso contrario. La figura mencionada se ha elaborado con los resultados de Bazin y en ella se manifiesta la poca influencia del nivel, aguas abajo, hasta valores de  $h'' \leq 0.5h$ .

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1 MODELO HIDROLÓGICO**

#### **6.1.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

Se reunió la información accesible en todas las entidades nacionales, gubernamentales y las firmas consultoras. Se ubicaron planos, fotografías aéreas, estudios de suelo, geología y meteorología.

También se encontró información de la implementación y uso del suelo, situación económica y social, estructuras hidráulicas existentes, utilización de las ciénagas, canales y arroyos, características y costumbres de los pobladores de la región, etc.

Se realizaron los estudios ambientales básicos para confirmar e identificar en el campo la información encontrada acerca de la cobertura vegetal,



animales, explotación de la cuenca, cultivos, etc. Se verificaron la existencia y ubicación de las estructuras hidráulicas existentes y el funcionamiento del sistema.

### **6.1.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Para la delimitación del área de estudio y la división de las cuencas se utilizaron planos elaborados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en escala 1: 25.000 con curvas de nivel cada 25 metros.

La morfometría de la cuenca y la divisoria de cuencas se realizó con el uso de los planos antes mencionados y el par de fotografías aéreas No. 000162 y 000163 del vuelo C-2469 suministradas por el IGAC. Se utilizó planímetro y escala para hacer la toma de áreas, pendientes y longitudes de los cauces respectivamente.

La división de la cuenca de acuerdo a su cobertura vegetal y el uso del suelo se realizó con la ayuda de plano de Estudio General de Suelos de la Zona del Canal del Dique, Calamar, Mahates, María la Baja, San Estanislao, Santa Rosa, Soplaviento, Turbaco, Turbana y Villanueva elaborado por el IGAC en 1.982, además se confirmaron en el campo las observaciones de

dicho estudio.

### **6.1.3 NUMERO DE CURVAS (CN)**

En la tabla 6.1.3 se muestra las cuencas con la distribución de áreas de acuerdo a su cobertura vegetal y uso del suelo, y con el número de curvas para cada zona. Después de identificados los tipos de suelo con base al número de curvas del SCS en la página 153 de la Hidrología aplicada Ven Te Chow [8] y con el uso de suelo en la tabla 5.5.2 del mismo libro se ubicó los valores de los números de curvas (CN) para cada área, se calculó una media ponderada encontrando así el CN total en cada cuenca.

### **6.1.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y DURACIÓN EFECTIVA**

Se calcularon ocho tiempo de concentración diferentes con las fórmulas 5.1.1.1 a la 5.1.1.8; los cuales se encuentran expresados en la tabla 6.1.4.1 De estos resultados se realizaron medias aritméticas entre los valores parecidos. El tiempo de concentración  $T_{c1}$  fue producto de los tiempos de concentración T6 y T7; el tiempo de concentración  $T_{c2}$  resultó de la media de los tiempos T1, T4 y T5.  $T_{c3}$  se realizó a partir de T9 y  $T_{c4}$  se calculó con T2 y T3. El tiempo de duración efectiva de la lluvia es igual a  $2\sqrt{T_c}$  Tabla

6.1.4.2 a la 6.1.4.5. Para efectos de este estudio se tomó el tiempo de concentración cuatro, debido a que es el más alto de todos, y es la condición más desfavorable.

## **6.1.5 GENERACIÓN DE CAUDALES**

### **6.1.5.1 HIDROGRAMA ADIMENSIONAL SCS**

#### **6.1.5.1.1 HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN**

Los hietogramas se realizaron teniendo en cuenta el método del bloque alterno (sección 5.1.3.1) usando un  $\Delta t$  con valor de 10 minutos hasta alcanzar el tiempo de duración efectiva de los tiempos de concentración para todas las cuencas estudiadas.

Para cada duración efectiva hallada se hicieron las tablas de los hietogramas y sus respectivas gráficas. Ver tablas 6.1.5.1.1.1 a 6.1.5.1.1.13 y figuras 6.1.5.1.1.1 a 6.1.5.1.1.13. (Ver Anexo de Tablas y Figuras)

### 6.1.5.2.2 GENERACIÓN DE HIDROGRAMAS

Para la generación de los hidrogramas se utilizó el principio de superposición, que se explicó en la sección 5.1.6, el cual plantea que se pueden hacer hidrogramas unitarios consecutivos, separados entre si un  $\Delta t$ . Cada hidrograma puede tener una altura distinta de precipitación y se harán  $n$  hidrogramas, donde  $n$  es igual al tiempo de duración de lluvia efectiva (formula 5.1.7.1.3) dividido por un  $\Delta t$ . El hidrograma total se calcula sumando las ordenadas de los hidrogramas unitarios.

Para realizar los hidrogramas se diseñó una hoja electrónica en el programa de computador excel, en la que siguen los siguientes pasos:

Con los tiempos de concentración calculados por las fórmulas 5.1.1.1 a 5.1.1.8 y realizando los cálculos mencionados en la sección 6.1.4 y mostrados en las tablas 6.1.4.2 a 6.1.4.5 se determina el tiempo de retardo ( $t_p$ ) con la formula 5.1.7.1.4 y la duración efectiva de la lluvia con 5.1.7.1.3.

Seguido se calcula con las fórmulas 5.1.6.1.1 y 5.1.6.1.2 el caudal unitario pico ( $q_p$ ) y el tiempo al pico ( $T_p$ ) respectivamente, luego se determina un tiempo base que es igual a  $2.67 \cdot T_p$ , se toma un  $\Delta t$  de 10 minutos. Se

determinan las ordenadas del hidrograma unitario entrando con la relación  $t/t_p$  a la gráfica del hidrograma adimensional (fig. 7.7.4 Hidrología aplicada Ven Te Chow [8]) y encontrando la relación  $q/q_p$  de la que se despeja  $q$ .

Teniendo la precipitación arreglada de los hietogramas y el  $S$  (retención potencial máxima) de la expresión 5.1.4.5, se calculo la precipitación efectiva mediante la formula 5.1.4.4.

Para determinar las ordenadas de los hidrogramas se multiplica las ordenadas del hidrograma unitario por la precipitación efectiva parcial de cada intervalo de tiempo. Luego se suman todas las ordenadas y se halla el hidrograma de la cuenca.

Los resultados de la hoja electrónica para las diferentes cuencas se encuentran en las tabla 6.1.5.1.2.2 a la 6.1.5.1.2.8 y sus respectivos hidrogramas en las gráfica 6.1.5.1.2.1 a 6.1.5.1.2.7 (Ver en Anexos Tablas y Figuras), todas para un período de retorno de 200 años. El resumen de los caudales se puede observar en la tabla 6.1.5.1.2.1.

### **6.1.6. TRÁNSITO DE CRECIENTES**

Una vez generados los hidrogramas de entrada para los diferentes períodos de retorno, se realizó su tránsito a través de la ciénaga, donde se observó su capacidad de amortiguamiento y el comportamiento de las estructuras de salida. Para realizar este análisis se utilizó como información básica las características de las estructuras existentes y la curva que relaciona el área de inundación de la ciénaga con la altura del nivel del agua.

#### **6.1.6.1. RELACIÓN ÁREA DE INUNDACIÓN, CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO vs ALTURA DEL NIVEL DEL AGUA**

La relación existente entre la altura del nivel del agua y el área de inundación, se obtuvo de mediciones hechas con planímetro sobre los planos resultantes de la batimetría de la ciénaga (Batimetría de la Ciénaga de Juan Gómez levantada por Wilches & Cia. Ltda.). La Tabla 6.1.6.1.1 muestra los valores de área inundada para diversos niveles de agua.

Estos datos fueron ajustados mediante regresión a una curva polinómica, con el objeto de determinar valores intermedios de nivel y área a los presentados en la tabla anterior. La Figura 6.1.6.1.1 muestra la curva de regresión obtenida y el valor del ajuste.

La relación existente entre el volumen de almacenamiento y el nivel del agua, se realiza tomando como cero, la cota correspondiente al nivel desde el cual se desee calcular, haciendo la semisuma de las áreas y multiplicando por el delta de nivel. Para una cota inicial de 1.59 m (altura del vertedero de salida) los valores de nivel, área y volumen obtenidos son los consignados en la Tabla 6.1.6.1.2.

#### **6.1.6.2. ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y EVACUACIÓN DE AGUAS**

La entrada de agua del canal de Dique se realiza por un vertedero en el cambio de nivel de la Dársena y el canal de Conejos-Juan Gómez. Se supone que el canal trabajará como un vertedero ahogado, con un espesor de la cresta igual al largo del canal.

La ciénaga Juan Gómez posee una boca de evacuación de aguas, ubicadas en las abscisas en las coordenadas N 1.609.300 y E 851.480, que vierten

sus aguas a través de un canal trapezoidal de 5m de base y 8m de ancho superior. La salida a la ciénaga de Bohorquez inicialmente se supone cerrada y para la siguiente alternativa se considera funcionando, como ocurre en la situación actual del sistema.

### **Vertederos**

El vertedero de entrada de agua es rectangular, con ancho de la base  $b = 8$  m, altura de cresta  $w = 0.3$  m y espesor de cresta del largo del canal y un  $d = 3.7$ m. Tiene su cresta ubicada en la cota  $-0.2$  m. Ver figura 6.1.6.2.1(a)

El vertedero de salida de agua hacia el canal de Juan Gómez-Dolores es trapezoidal con una base de 5m y un ancho superior de 8m, la altura de la cresta  $w = 2$  m y el espesor de la cresta es el largo del canal. La cota de la cresta es 1.59 m. Ver figura 6.1.6.2.1(b).

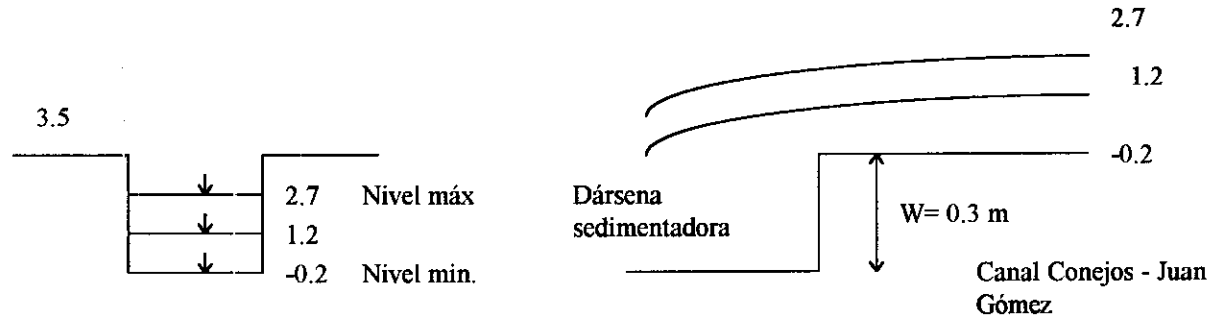
El vertedero de evacuación que se dirige hacia la canal de Juan Gómez-Bohorquez es rectangular considerado una base de ancho = 10m, el espesor de la cresta es el largo del canal y el alto  $w = 2$ m. Ver figura 6.1.6.2.1(c).

### **Funcionamiento de las estructuras de entrada y salida**

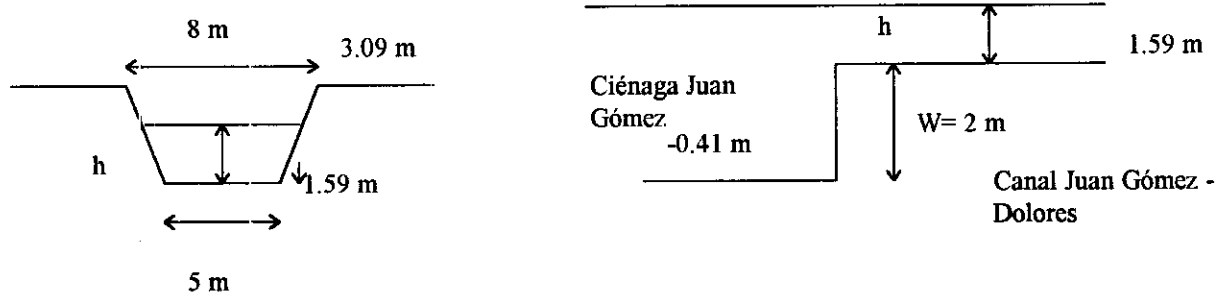
El funcionamiento de estos vertederos se realiza en la condición de



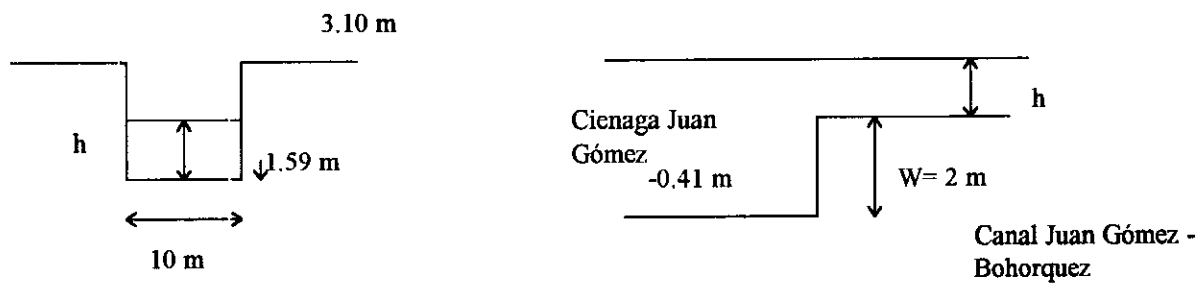
**Figura 6. 1. 6. 2. 1 ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y EVACUACIÓN DE AGUAS**



**(a) ENTRADA CANAL CONEJOS - JUAN GÓMEZ**



**(b) SALIDA CANAL Juan Gómez - Dolores**



**(c) SALIDA CANAL Juan Gómez - Bohorquez**

Referencia [33]) y para  $\varepsilon_2$  se consideró 0.26 (Tabla 7.25 Referencia [33]). La Tabla 6.1.6.2.1 muestra los resultados de la salida de caudal para la condición actual de la ciénaga y la tabla 6.1.6.2.2 los caudales de entrada desde el canal del dique.

### **6.1.6.3. METODOLOGÍA DE TRÁNSITO**

Al igual que para la generación de caudales, la modelación del paso de la creciente a través de la ciénaga, se efectuó mediante la utilización de hojas de cálculo en el programa de computador excel. La metodología de cálculo empleada fue la de Runge-Kutta, cuya descripción se realiza a continuación.

#### **Runge-Kutta**

Este método de cálculo, realiza también la consideración de nivel horizontal en la superficie, pero no requiere la función almacenamiento-caudal de salida. Es un método preciso, aunque también un poco complejo, ya que subdivide cada intervalo de tiempo en tres incrementos y calcula valores sucesivos de la elevación de la superficie del agua y el caudal de salida del embalse para cada incremento.

El procedimiento de cálculo general, se resumen en el diagrama de flujo

subdivide cada intervalo de tiempo en tres incrementos y calcula valores sucesivos de la elevación de la superficie del agua y el caudal de salida del embalse para cada incremento.

El procedimiento de cálculo general, se resumen en el diagrama de flujo mostrado en la figura 6.1.6.3.1.

### **Esquema de la Hoja de Cálculo**

El esquema de la hoja de cálculo para el tránsito de crecientes Runge Kutta requiere como datos de entrada el período de retorno, las dimensiones del vertedero, la relación área de inundación vs. Nivel del agua y los caudales de entrada ya sea por precipitación, esorrentía o entrada del canal del dique.

En una hoja previa a la del tránsito, se desarrolló la función nivel del agua-caudal de salida, para una variación constante de H (elevación de la superficie de agua) de 0.01m, para la cual se obtuvieron :

- El caudal  $Q$  en  $m^3/s$ , por la ecuación del vertedero de pared gruesa en condición ahogada, se inicia el cálculo a partir de la cota superior de la cresta de dicho vertedero

( $0+40/3$ ), los cuales se encuentran por interpolación lineal entre los dos primeros valores del caudal de entrada. Luego utilizando la ecuación (5.1.7.1.4a) con  $\Delta t = 20$  min, se calcula  $\Delta H_1$ . Para el siguiente incremento se utiliza la ecuación (5.1.7.1.4b) con igual procedimiento. El cálculo de los caudales de salida en los tiempos intermedios se realiza por interpolación lineal.  $\Delta H_3$  se halla por la ecuación (5.1.7.1.4c). Los valores de  $\Delta H_1, \Delta H_2$  y  $\Delta H_3$  se encuentran en las columnas 3,4 y 5 de la hoja de cálculo.

Luego para un intervalo de tiempo completo,  $\Delta H$  se determina con la fórmula (5.1.7.1.6), entonces H en 20 minutos esta dado por  $H_2 = H_1 + \Delta H$

Los resultados obtenidos con este procedimiento se resumen en las tablas 6.1.6.3.1 a la 6.1.6.3.6 y las figuras 6.1.6.3.2 a la 6.1.6.3.5, (Anexos Tablas y Figuras). En ellos se aprecia la consistencia de los resultados obtenidos.

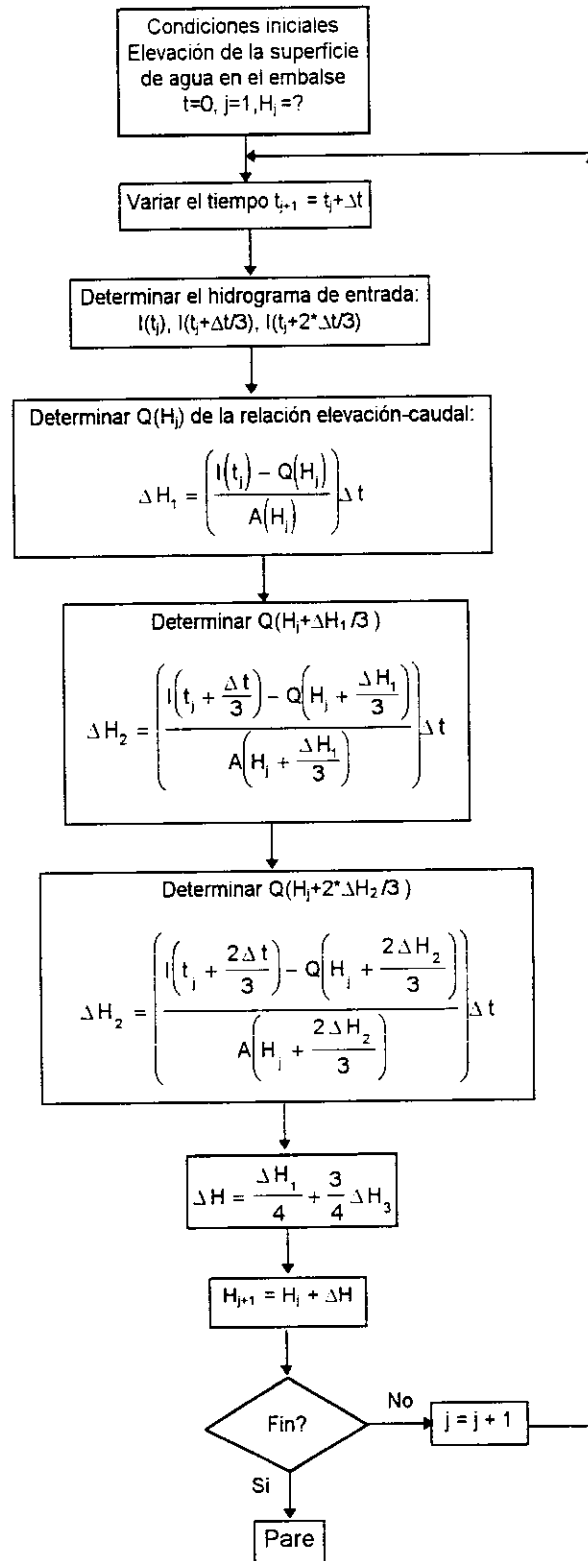


Figura 6.1.6.3.1 Diagrama de flujo para el método Runge-Kutta

Fuente: Hidrología aplicada de Ven Te Chow [8].

## **6.2 MODELO DE CALIDAD DE AGUAS**

### **6.2.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

La información requerida para realización de la modelación se encontró en entidades privadas, gubernamentales y firmas consultoras.

Se ubicaron parámetros físico químicos, planos, niveles y cotas del sistema lagunar. También se encontraron otros datos que se anotaron en la sección (6.1.1).

### **6.2.2 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Para la delimitación del área de estudio y la división de las celdas se utilizaron los planos anunciados en la sección 6.1.2 y batimetría de la ciénaga de Juan Gómez elaborado por Wilches & Cia Ltda escala 1 : 10000.

La división de las celdas se realizaron de acuerdo a los parámetros físico químicos que se lograron realizar en la Laguna de Juan Gómez.

### 6.2.3 BALANCE DE CAUDALES

Para este efecto se utilizó el método de Hardy Cross de balance de pérdidas, el cual es un proceso de tanteos directos: los ajustes hechos sobre los valores previamente admitidos o adoptados son calculados y por lo tanto controlados. En estas condiciones, la convergencia de los errores es rápida, obteniéndose casi siempre una precisión satisfactoria de los resultados,  $e = 0.001$  [15].

Para aplicar el método de Hardy Cross al balance de caudales entre celdas es necesario unir los centros de celdas adyacentes de tal manera que se determinen mallas o circuitos, además se debe considerar la distancia promedio entre celdas como longitud de tubería y las áreas transversales como áreas del conducto.

La solución del problema se basa en dos tipos de ecuaciones:

a) Ecuación de nudo: Por continuidad, en cada nudo se debe satisfacer que:

$$\sum_j Q_{ij} + Q_i \text{ para } i = 1, \dots, n \quad (6.2.3.1)$$

Donde:

$Q_{i,j}$  : es el caudal que va de la celda j a la i.

$Q_i$  : es el caudal que sale o entra al nudo i.

**El símbolo  $j-i$  se lee** : para todos las celdas j adyacentes a las celdas i.

**Ecuación de pérdida** : La pérdida de fricción en cada tramo está dada por la fórmula de fricción correspondiente, donde al sustituir la velocidad expresada por la ecuación :

$$V_{ij} = Q_{i,j} / A_{i,j} \quad (6.2.3.2)$$

resulta :

$$h_{ij} = a_{ij} Q_{i,j}^N \quad (6.2.3.3)$$

donde  $a_{ij}$  es una constante del tramo i j .

Si se evalúa la fricción por la formula de Hazen Williams,  $n= 1.851$  y ,

$$a_{ij} = L_{ij} ( 0.3833 C_{ij} A_{i,j}^{1.315} )^{1.851} . \quad (6.2.3.4)$$



sabiendo que :

$C_{ij}$  : Coeficiente de Hazen Williams

$A_{ij}$  : área transversa entre celdas.

$L_{ij}$  : distancia promedio entre celdas.

La utilización de estas ecuaciones para la solución de una red, conduce a un sistema de ecuaciones que es posible resolver por un método de iteraciones apoyándose en un computador, con base en la estimación inicial de gastos en los tramos, haciendo que se satisfagan las ecuaciones de nudo con los valores estimados y los ya conocidos. Los valores iniciales se aproximan a la solución exacta mediante correcciones cíclicas.

Si  $+\Delta Q$  es la corrección atribuible a todos los tramos de un mismo circuito elemental , al recorrer en los sentidos determinados de orden superior resulta que :

$$\Delta Q = (\sum_{j=1}^k a_{ij} Q_{ij}^{n-1} |Q_{ij}|) / (n \sum_{j=1}^k |a_{ij} Q_{ij}^{n-1}|). \quad (6.2.3.5)$$

Donde el gasto  $Q_{ij}$  y la corrección  $\Delta Q$  son positivos cuando su sentido

coincide con el recorrido elegido en el circuito y negativos en el caso contrario. La interacción se realiza hasta que se satisfaga la ecuación de circuito o hasta obtener una aproximación deseada.

Los caudales que entran o salen de las celdas o nudos ( $Q_i$ ), son los gastos aportados por los arroyos y colectores, además del gasto resultante de elevar o disminuir el volumen de una celda durante un tiempo determinado.

#### **6.2.4 ESQUEMA DE HOJA DE CÁLCULO**

El esquema de hoja de cálculo para la elaboración del modelo de calidad de aguas, se realizó con un sistema de matrices donde cada una de las hojas contiene la información de entrada de datos tales como (Tabla No 6.2.4.1) :

##### **Matriz de Caudales.**

Estos caudales son los que se comunican entre celdas y que se calculan mediante el balance de caudales explicado en la sección (6.2.3).

##### **Matriz Difusión.**

La matriz difusión contiene el término de la fórmula (5.2.4.5).

**Datos de Temperatura.**

Se encuentra dada por la expresión (5.2.8.1.2a)

**Datos de Salinidad.**

Este término se expresa en partes por mil ‰, y esta relacionado con la concentración de saturación.

**Datos De Concentración De Saturación De Oxígeno Bajo Salinidad Cero**

Está dada por la expresión (5.2.8.1.3)

**Datos De Concentración De Oxígeno Corregido.**

Está dada por la expresión (5.2.8.1.4)

**Datos De Profundidad, Área y Volumen.**

En la sección (6.2.5) nos referiremos a estos aspectos como información que se necesita para el funcionamiento del modelo.

**Datos De Las Constantes De Calibración**

En las secciones (5.2.6; 5.2.7 y 5.2.8.) se explica cada una de estas constantes.

**Cargas De Nitrógeno, Fósforo y DBO.**

Estas son cargas contaminantes escurridas sobre diferentes superficies del terreno. Estan dadas por la expresión :

$$R = (Q \cdot C) / (1000^3 \cdot A) \quad (6.2.4.1)$$

Donde :

R : Carga contaminante aportada por escorrentia superficial en un sector con uso de suelo especifico ( ton / Ha-año)

C : Concentracion promedia de cada compuesto muestreado en cada sector ( mg/lt)

A : Area del sector muestreado ( Ha)

Q : Escorrentía anual para un determinado sector con un uso del suelo específico ( m<sup>3</sup>/año).

#### **Matriz de Convergencia .**

Denominada asi por que es donde se encuentran las expresiones de caudales, coeficientes de difusión, área, volumen, longitud media entre celdas( Tablas 6.2.4.2 hasta 6.2.4.7).

#### **Matriz Inversa**

Como su nombre lo indica es la inversa de la matriz convergencia ( Tablas 6.2.4.2 hasta 6.2.4.7).

#### **Solucion $C = W \times A^{-1}$**

En esta parte se calibra y se tiene la relación de los datos o concentración de muestreo y los datos del modelo.

### **6.2.5 INFORMACIÓN REQUERIDA**

El modelo de calidad de aguas necesita los siguientes datos de entrada [12].

- Número de celdas en que se encuentra dividido el sistema .
- Características geométricas de cada celda , que consiste en el área superficial y la profundidad promedio.
- Número de celdas vecinas correspondientes a cada celda analizada .
- Características geométricas entre las celdas vecinas , consiste en la longitud promedio y el área transversal entre celdas.
- Constante de difusión entre celdas vecinas, E y la constante de reacción característica de la celda analizada K, estos valores se obtienen por medio de la calibración del modelo.
- Cantidad de descarga del sistema. Para cada uno de los parámetros físico - químico que el modelo ambiental simula, se determinan los valores de la cantidad de descarga que entra o sale del sistema , realizando un balance de masas.

#### **6.2.6 CALIBRACIÓN DEL MODELO DE CALIDAD DE AGUAS**

El proceso de calibración consiste en comparar los datos de campo con los obtenidos durante la simulación y ajustarlos por medio de las constantes de calibración, hasta obtener los máximos coeficientes de correlación ( figuras

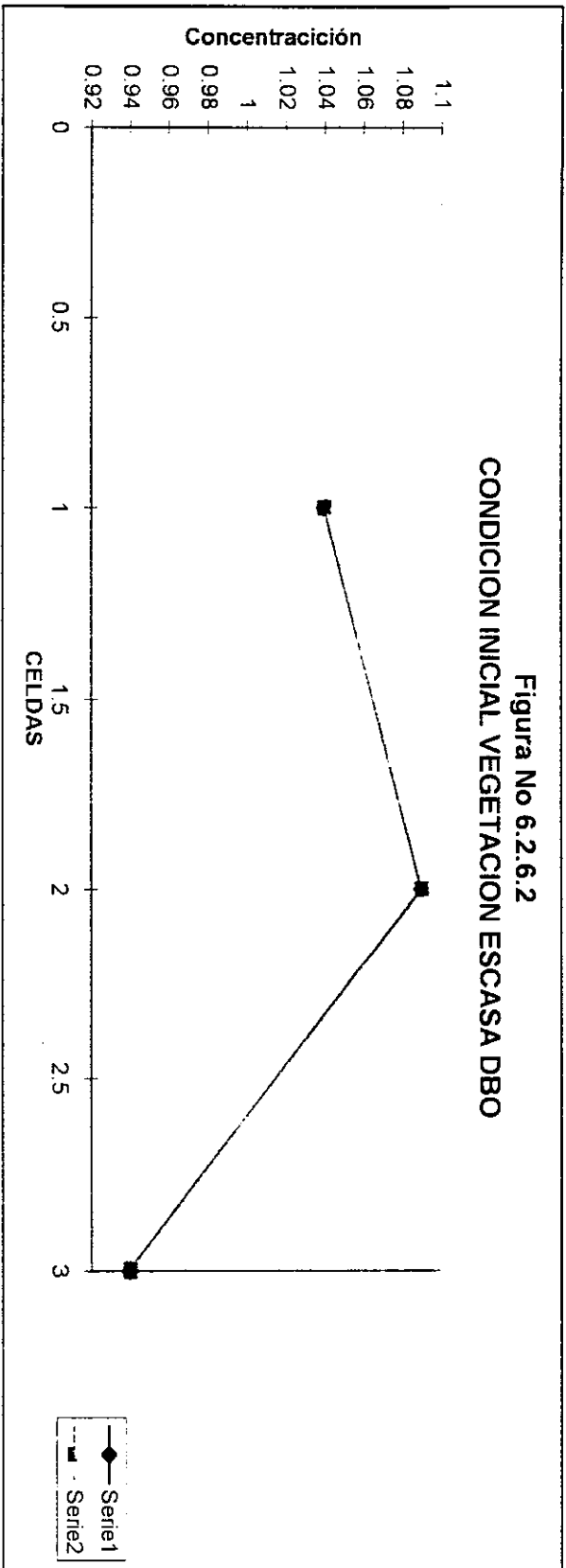
6.2.6.2 hasta 6.2.6.7).

Para realizar un proceso de calibración adecuado se escogieron tres (3) celdas de todo el sistema inundable de la laguna de Juan Gómez (figura 6.2.6.1).

En cada punto muestral se analizaron parámetros físico - químicos correspondientes a concentración del Ión Hidrógeno en el agua (pH) , Salinidad, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica De Oxígeno, Sólidos Suspendidos, Sólidos Totales, Fosfatos, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, Nitratos, Turbiedad, Cloruros, Sólidos disueltos ( tabla 4.2.1; figura 4.2.1) .

La constante de reareación  $K_a$  toma un valor de cero por ser esta una sustancia conservativa, es decir, no presenta degradación; sin embargo, se tiene en cuenta el cambio de salinidad debido a la difusión y advección quedando como parámetro para calibrar el coeficiente de difusión  $E$ . Se procedió a modelar la *Demanda Bioquímica De Oxígeno* para determinar las constantes de reareación  $K_a$  . Luego de calibrada la (DBO) y realizado el primer ajuste de la constante de remoción , se simularon en su respectivo orden las concentraciones de *nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno como nitrito, nitrógeno como nitratos , fosfatos* y, posteriormente se

Figura No 6.2.6.2  
CONDICION INICIAL VEGETACION ESCASA DBO



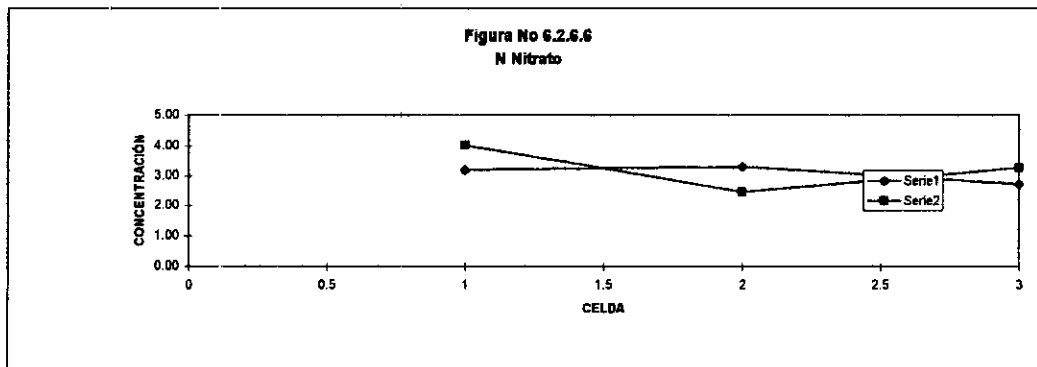
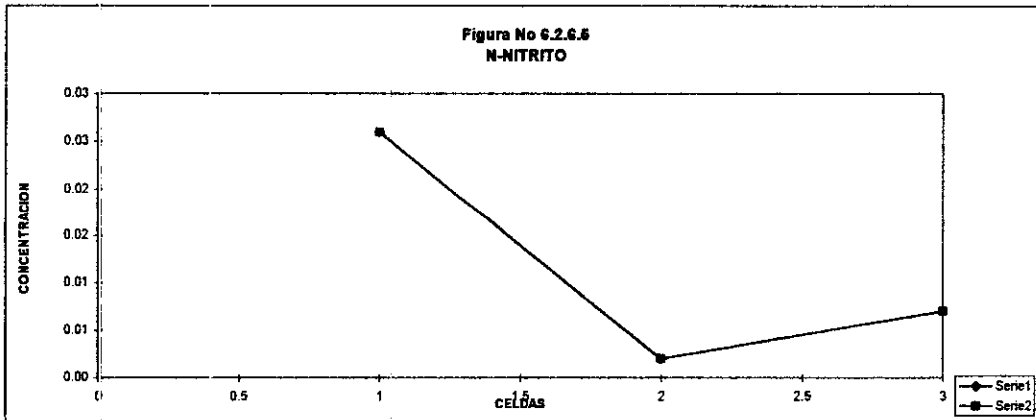
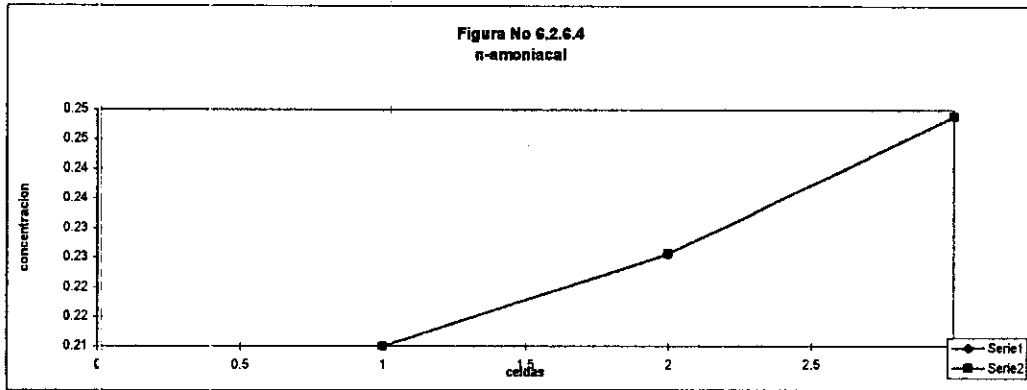
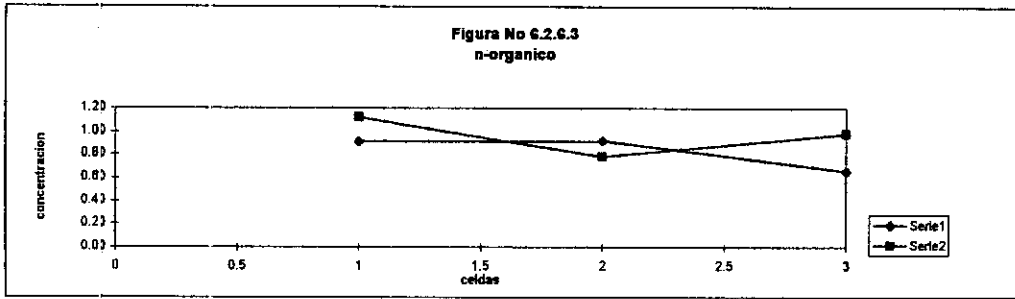
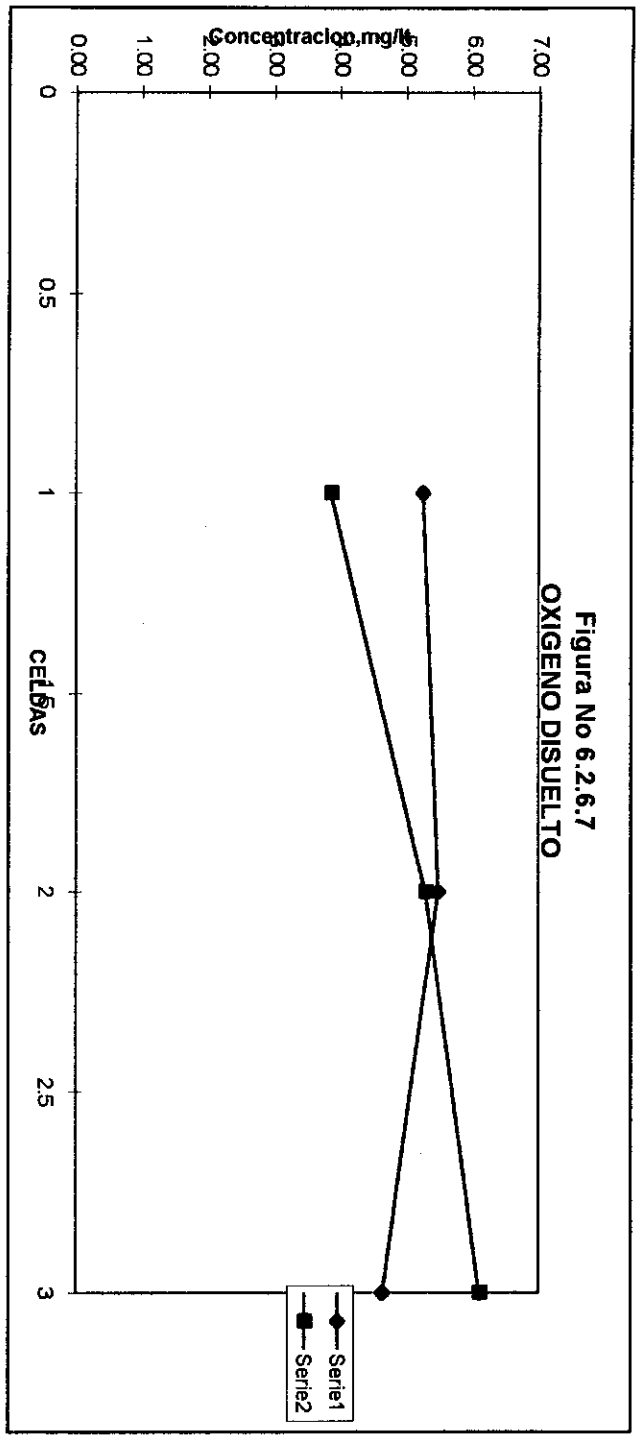




Figura No 6.2.6.7  
OXIGENO DISUELTO



simuló el *oxígeno disuelto* el cual terminó ajustando el valor de la constante de reareación  $K_a$  (Tablas 6.2.4.1 hasta 6.2.4.7; figuras 6.2.6.2 hasta 6.2.6.7). Se debe anotar que el *nitrógeno orgánico* se calculó de las concentraciones de nitrógeno como nitrito, nitrógeno como nitratos y nitrógeno amoniacal en términos de la cantidad de nitrógeno que contienen.

Todos los coeficientes fueron calibrados asumiendo aportes de otras fuentes, pues estas constituyen un factor importante en el comportamiento del cuerpo de agua, ya que su efecto puede contribuir por ejemplo, al aumento en la eutroficación de la ciénaga por aporte de nutrientes.

Algunas de las consideraciones que se emplearon fueron las siguientes :

1. Se tomó la ciénaga como una sola cuenca , esto con el fin de conocer un comportamiento global de la ciénaga que sirva como guía para el análisis del comportamiento en algún punto.
2. Se toman los valores de los aportes de escorrentía (caudal y concentración) como fuente de contaminación a la ciénaga.

## 6.3 MODELACIÓN HIDRÁULICA

### 6.3.1 SECCIÓN TRANSVERSAL DE LOS VERTEDEROS.

En lo que respecta a esta zona, se consideraron que la entrada del agua desde la dársena al canal de Conejos-Juan Gómez, está funcionando con un vertedero de pared gruesa y en condición ahogada, esta entrada también puede trabajar como un canal presentando los mismos resultados. La sección Transversal de este vertedero de entrada es rectangular con un  $b=8\text{m}$  y la cota de la cresta es de  $-0.2\text{ m}$  sobre el nivel del mar.

La dársena tiene una cota mínima de  $-0.5\text{m}$  sobre el nivel del mar por lo tanto el alto de cresta  $w = 0.3\text{m}$ .

El vertedero de salida se presenta en el paso del agua de la ciénaga de Juan Gómez hacia el canal Juan Gómez-Dolores. La sección transversal es trapezoidal, con una ancho en la base de  $5\text{m}$  y en la parte superior de  $8\text{ m}$ . El talud de este vertedero es  $1 : 1$  y presentando una altura máxima de  $1.5\text{ m}$ . La cota mínima es de  $1.59\text{m}$  sobre el nivel del mar y la ciénaga presenta una altura de  $-0.41\text{m}$ , presentandose un  $w= 2\text{m}$ . La salida hacia la ciénaga de

Bohorquez se considera como un vertedero rectangular de ancho igual a 10m, presentando una altura de cresta de 2m y el ancho de esta es el largo del canal.

### **6.3.2 GENERACIÓN DE CAUDALES**

Para la generación de caudales se utilizó la condición de los vertederos ahogados, la cual se explicó en la sección 5.3.1, la que dice que si la relación del espesor de la cresta y la altura de la lámina de agua entre la cresta y el nivel de agua es mayor de 0.67, se calcula el caudal con un vertedero de pared delgada afectado por un coeficiente  $\epsilon_1$  y como también se presenta que el vertedero trabaja ahogado esta ecuación se debe afectar por un segundo coeficiente  $\epsilon_2$ . Ver Tablas 6.3.3.1 a la 6.3.3.4.

### **6.3.3 VELOCIDAD EN PUNTOS DE ENTRADA Y SALIDA DE CAUDAL.**

Para realizar el cálculo de la velocidad en los puntos de entrada y salida del sistema se realizó una hoja de cálculo en el programa de computador excell.

Los datos que necesitamos de entrada son las características físicas de los vertederos (cota mínima, ancho, etc). Primero se determinamos el  $\Delta H =$

0.1m con el cual se realizaron incrementos a partir de la cota mínima del vertedero.

Calculamos el  $\mu$  del vertedero con la fórmula de la sociedad de Ingenieros y arquitectos Suizos, ya que se cumplia los limites de aplicación(Tabla 7.1 Hidraulica aplicada Gilberto Sotelo [33]) y con la fórmula de Heigly para vertederos triangulares (Tabla 7.2 Hidraulica Aplicada Gilberto Sotelo [33]).

Tomamos los coeficientes de reducción  $\varepsilon_1$  más bajos ya que el valor del ancho de la cresta es el largo del canal. De la figura 7.24 (Hidraulica Aplicada Gilberto Sotelo [33]) se obtuvo  $\varepsilon_1 = 0.75$  y de la figura 7.25 del mismo libro se observó a  $\varepsilon_2 = 0.26$ , el valor de  $h$  y  $h''$  es casi el mismo.

Con todos estos datos se pudo calcular los caudales en cada vertedero, y como ya conocíamos la sección transversal se pudo hallar la velocidad en cada intervalo de altura. Los resultados se pueden observar en la Tablas 6.3.3.1 a la 6.3.3.4 y en las figuras 6.3.3.1 a la 6.3.3.3.

## **7. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS**

### **7.1 MODELO HIDROLÓGICO**

Con miras a identificar la zona de posible inundación de la ciénaga y observar que daños pueden causar a las zonas aledañas, se han analizado una serie de alternativas que implican la realización de diversas obras encaminadas al manejo adecuado de los niveles de la ciénaga. Entre las alternativas planteadas se encuentran la ampliación de las estructuras actuales y el cierre de una de las salidas.

#### **7.1.1 ALTERNATIVAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIÓN**

Las alternativas planteadas para observar las zonas de posibles inundación de la ciénaga son las siguientes:

- **ALTERNATIVA No. 1 :** En esta alternativa se considera cerrada la salida

al canal de Juan Gómez-Bohorquez y el vertedero hacia el canal de Juan Gómez-Dolores conserva las dimensiones.

- ALTERNATIVA No. 2 : Utilización de las condiciones actuales, en la cual se presentán dos vertederos de salida, uno hacia el de Juan Gómez-Bohorquez (ancho de 10 m) y el otro hacia el canal de Juan Gómez – Dolores manteniendo las dimensiones existentes.
- ALTERNATIVA No. 3 : Salida cerrada hacia el canal de Juan Gómez-Bohorquez y ampliación de las dimensiones del canal de Juan Gómez-Dolores.

## **7.2 MODELACION DE CALIDAD DE AGUAS**

Teniendo en cuenta que no todas las corrientes de agua tienen el mismo uso, y lo que se desea es un manejo adecuado de los recursos hídricos de la ciénaga, para que los habitantes de esta comunidad no se vean afectados por enfermedades transmisibles por el agua ( ver tabla 7.2.1), se plantean las siguientes alternativas.

## **7.2.2 ALTERNATIVAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL CON LA VEGETACIÓN ACTUAL**

- **ALTERNATIVA No. 1 :** En esta alternativa se considera cerrada la salida al canal de Juan Gómez-Bohorquez y el vertedero hacia el canal de Juan Gómez-Dolores conserva las dimensiones. Ver tablas 6.2.4.1 a 6.2.4.7
- **ALTERNATIVA No. 2 :** Utilización de las condiciones actuales, en la cual se presentan dos vertederos de salida, uno hacia el de Juan Gómez-Bohorquez (ancho de 10 m) y el otro hacia el canal de Juan Gómez – Dolores manteniendo las dimensiones existentes. Ver tablas 7.2.2.1 a 7.2.2.7
- **ALTERNATIVA No. 3 :** Salida cerrada hacia el canal de Juan Gómez-Bohorquez y ampliación de las dimensiones del canal de Juan Gómez-Dolores. Ver tablas 7.2.2.8 a 7.2.2.14



### **7.2.3 ALTERNATIVAS DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL REFORESTANDO LA ZONA DE ESTUDIO.**

- **ALTERNATIVA No. 4 :** En esta alternativa se considera cerrada la salida al canal de Juan Gómez-Bohorquez y el vertedero hacia el canal de Juan Gómez-Dolores conserva las dimensiones. Ver tablas 7.2.3.1 a 7.2.3.7
- **ALTERNATIVA No. 5 :** Utilización de las condiciones actuales, en la cual se presentan dos vertederos de salida, uno hacia el de Juan Gómez-Bohorquez (ancho de 10 m) y el otro hacia el canal de Juan Gómez-Dolores manteniendo las dimensiones existentes. Ver tablas 7.2.3.8 a 7.2.3.14

**ALTERNATIVA No. 6 :** Salida cerrada hacia el canal de Juan Gómez-Bohorquez y ampliación de las dimensiones del canal de Juan Gómez-Dolores. Ver tablas 7.2.3.15 a 7.2.3.21

### **7.3 MODELO HIDRÁULICO**

Con el fin de determinar las velocidades en los canales de entrada y salida

del sistema y en los puntos estratégicos se debe adaptar un modelo hidráulico a las características reales del sistema. Pero en el modelo de tránsito de crecientes para los canales no se tiene en cuenta el efecto de desbordamiento sino que se supone una sección infinita que esta albergando un caudal que en la realidad está desbordando. Para los efectos de este trabajo no resulta práctico hacer este tránsito y mejor se toma en cuenta el caudal transitado por la estructura aguas arriba del canal y el hidrograma propio del área para transitarlo por la estructura aguas abajo del canal; y se pueden obtener resultados satisfactorios.

Para obtener las velocidades en los vertederos de entradas y salidas se utilizaron los datos arrojados por el método de Runge Kutta y con los conocimientos de la sección 5.3.1. Las velocidades se calcularon para cada una de las alternativas del modelo hidrológico.

## 8. CONCLUSIONES

### 8.1 MODELO HIDROLÓGICO

Se presentan muchos métodos para predecir los caudales por escorrentía de una cuenca, pero no se puede precisar cual de ellos sea el más acertado en sus resultados, mientras no se ajusten o calibren los modelos. Para que estos modelos sean más precisos se debe disminuir el incremento del tiempo, ya que se reduce el período en el que se almacena el caudal y este a la vez se relaja en menor tiempo, evitando así demasiada acumulación en la ciénaga que trae consigo la desestabilización de los niveles.

Para la generación de caudales de escorrentía se utilizó el método del S.C.S., ya que con el se considera que se pueden obtener datos cercanos a la realidad, y por la escasa información que se tiene de la zona. Se tuvo en cuenta la precipitación directa, debido a que el área de la ciénaga es muy representativa y alcanza a almacenar buena cantidad de agua por

precipitación. Para la calibración de este modelo, sería necesario instalar estaciones meteorológicas en diversos puntos de las cuencas y al mismo tiempo obtener registros de las mediciones de niveles y caudales de los canales de entrada y salida de la ciénaga. Los mayores caudales se presentaron en la cuenca de la parcelación de Jinete, debido a su gran extensión y escasa vegetación. Es importante anotar que durante el tiempo de duración de este proyecto no fue posible tomar aforos de los caudales y niveles de los canales, ya que no se presentaron lluvias de gran magnitud que fueran representativas para nuestro modelo.

El tiempo de concentración se calculó con varias formulas de las cuales se promediaron y se obtuvieron cuatro tiempos de concentración. Con estos tiempos se generaron hidrogramas de caudales de las cuencas. Para el tránsito de crecientes se utilizó el tiempo de concentración ( $Tc4$ ), ya que con él se presenta la máxima duración de lluvia, las cuales serían nuestras condiciones más desfavorables.

Las condiciones tomadas para el tránsito de crecientes fueron las más críticas, considerando que tenemos precipitación, los niveles del canal del dique es su cota máxima y presentando caudal por escorrentía se puede observar que los niveles de la ciénaga suben a tal punto que su capacidad

de amortiguamiento de agua no es suficiente, para luego presentarse desbordamiento e inundación de toda la zona aledaña. Haciendo un análisis de las alternativas planteadas se pudo observar :

### **Alternativa No. 1**

En esta alternativa se propone cerrar la salida de agua por el canal de Juan Gómez – Bohorquez y se mantiene las dimensiones del canal de Juan Gómez - Dolores. Se consideran los niveles máximos en el canal del dique, un período de retorno de 200 años y el tiempo de concentración 4. El nivel de aguas máximas alcanzado durante el tránsito de la creciente (ver tabla 6.1.6.3.4 y figura 6.1.6.3.1) es de 1.65 m como se puede apreciar el nivel de aguas máximas sobrepasa la cota máxima útil del vertedero de salida, causando desbordamiento en el canal. Por lo que el plantear el cierre de la salida del canal de Juan Gómez-Bohorquez sin realizar una ampliación en el canal de Juan Gómez-Dolores no soluciona el problema de inundación de las zonas aledañas a la ciénaga, ya que él área que se inundará con estos niveles máximos sobrepasa la área máxima inundable de la ciénaga que es de 1903 Ha.

## **Alternativa No. 2**

La alternativa No. 2 mantiene la condición de niveles máximos en la entrada de agua desde el canal del dique, el período de inundación generado para la creciente con período de retorno de 200 años y con el tiempo de concentración máximo calculado. El tránsito de crecientes se realizó mediante la utilización de las actuales estructuras de evacuación de aguas, el canal de Juan Gómez-Dolores y el canal Juan Gómez-Bohorquez (ancho considerado 10 m), y se logra observar que se presenta una elevación del nivel en 1.61 m sobre la cota del vertedero.

Es claro ver que se presentará inundación en toda la zona que conforma el sistema, alcanzando las inmediaciones del municipio de Rocha. Como sabemos el área máxima de posible inundación para ciénaga es de 1903 Ha y con el nivel máximo alcanzado sobrepasamos dicha área.

Para esta alternativa el nivel máximo alcanzado por la ciénaga corresponde a la cota 3.2 m y el borde libre del canal de Juan Gómez es en la cota 3.09m por lo tanto se desborda. Por esta razón sería necesario ampliar su sección y aumentar su altura útil, para que así se realice una evacuación del agua más rápida.

### **Alternativa No. 3**

La ejecución de esta alternativa contempla la ampliación de las estructuras del canal de Juan Gómez-Dolores y el cierre de la salida del canal Juan Gómez-Bohorquez, en la misma forma como se hizo en la Alternativa No. 1. Esta ampliación del canal, se traduce en una disminución del nivel máximo alcanzado por la ciénaga durante el tránsito de la creciente (ver Tabla 6.1.6.3.6 y figura 6.1.6.3.1), a 3.23 m sobre el nivel del mar, 0.10 m por debajo del alcanzado en la condición de la alternativa No. 1. Lo que nos permite observar que en caso de que se considere la salida Juan Gómez-Bohorquez cerrada, se debe aumentar mucho más las dimensiones del canal de Juan Gómez-Dolores. Porque en estas condiciones se sigue inundando las zonas aledañas a la ciénaga.

La causa principal de las inundaciones que se producen es que los canales encargados de evacuar los volúmenes de agua almacenada de la ciénaga no poseen la capacidad suficiente para realizar tal fin, sin presentarse desbordamientos. Para poder disminuir un poco los niveles se debe considerar ampliar la estructura de evacuación de aguas y permitir el descargue por el canal de Juan Gómez-Bohorquez. De esta forma la zona de posible inundación se reducirá en un gran porcentaje.

## RECOMENDACIONES

- Utilización de la ciénaga de Bohorquez como embalse de amortiguación para parte del caudal de descarga de la ciénaga de Juan Gómez.
- Aumento de las secciones transversales y mejora de las pendientes de los canales de evacuación.
- Realizar un mantenimiento periódico a los canales de evacuación, con el fin de que trabajen con una máxima eficiencia.
- Organizar brigadas informativas en la comunidad con el fin de instruirla acerca de su convivencia con la ciénaga y el buen manejo que le debe dar.

## 8.2 MODELACIÓN DE CALIDAD DE AGUAS

El modelo por haberse realizado en hoja de cálculo es práctico y susceptible a modificaciones, pero se tienen inconvenientes en cuanto a la calibración de las constantes a menos que se realice una macro ( *que es un conjunto de comandos y fórmulas que Microsoft Excel ejecuta secuencialmente en forma*



*automática*). Esto permite acelerar los procedimientos repetitivos, en una hoja de cálculo que permita realizar iteraciones delimitando las constantes y el coeficiente de difusión molecular en especial esto debido a que se encuentra en un rango entre  $10E-8$  y  $10E8$   $cm^2/s$  ( figura 8.2.1.).

Dentro del modelo se contemplaron los procesos de Difusión, Advección y Reacción, donde se cuantificó la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno como nitrito, Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Amoniacal y Oxígeno disuelto.

#### **ALTERNATIVA No. 1.**

En esta alternativa se propone cerrar la salida de agua por el canal de Juan Gómez – Bohorquez y se mantiene las dimensiones del canal de Juan Gómez - Dolores. Se consideran los niveles máximos en el Canal del Dique, un período de retorno de 200 años y el tiempo de concentración 4. El nivel de aguas máximas alcanzado durante el tránsito de la creciente (ver tabla 6.1.6.3.4 y figura 6.1.6.3.1) es de 1.65 m .

Se plantea un sistema al que le está entrando un caudal constante desde la estación de bombeo de conejos pasando por el canal que comunica a Juan

Gómez con Conejos, la laguna de Juan Gómez se encuentra inundada por diferentes afluentes que le llegan por precipitación y escorrentía; también existen salidas de caudales por el canal que comunica Juan Gómez con Dolores, actualmente se encuentra funcionando el canal natural de Bohorquez pero como los planes son cerrar el canal natural, entonces se tomó éste como principio de nuestra modelación.

EL Oxígeno Disuelto que se presenta en esta alternatina se nota un crecimiento en la celda No 2 (5.48 mg/l), con respecto a las celdas No 1 (5.26 mg/l) y la celda No 3 (4.64 mg/l), manteniendose por encima de los 2 mg/l donde se dice que se preserva la vida acuatica superior. Esto indica la existencia de condiciones aeróbicas, pero este oxígeno libre en presencia de CO<sub>2</sub>, es un agente de corrosión importante del hierro y el acero; La DBO tiene el mismo comportamiento que el O.D, en la celda No 2 alcanza su máximo valor (1.09 mg/l) con respecto a las celdas No 1 ( 1.04 mg/l) y celda No 3 ( 0.94 mg/l); el Nitrógeno Orgánico varia de la siguiente forma celda No 2 (0.92 mg/l), *celda No 1 (0.914 mg/l)* y celda No 3 (0.66 mg/l); el Nitrógeno Amoniacal tiene el siguiente comportamiento celda No 3 (0.23 mg/l), celda No 2 (0.22 mg/l) y la *celda No 1 ( 0.21 mg/l)*; el N Nitrito varia de la *celda No 1 ( 0.026 mg/l)*, celda No 3 ( 0.007 mg/l) y la celda No 2 (0.002 mg/l); el N Nitrate tiene su valor máximo en la celda No 2 (3.3 mg/l), siguiendoles en su

respectivo orden celdas No 1(3.18 mg/l) y la celda No 3 ( 2.71 mg/l) [Ver figuras 4.2.1 y de la 8.2.2 a la 8.2.7].

La materia orgánica se encuentra estabilizada por encontrarse la DBO por debajo de 5 mg/l que dentro de las normas de calidad de agua es estable. Ver tabla 4.2.2 y figuras 8.2.2 a 8.2.7.

Analizando nuestras condiciones iniciales el Nitrógeno se encuentra en mayor proporción como nitratos lo que indica que existió polución tiempo antes de efectuarse los análisis físico-químicos, esto tiene sus consecuencias de riesgo pues en niños menores de 3 años, las bacterias del tracto intestinal, indispensables para el metabolismo de la leche y sus derivados, reducen los nitratos a nitritos, los cuales son absorbidos por el torrente sanguíneo de donde toman el Oxígeno presente convirtiendo la sangre arterial en sangre venosa, dándole un color azul a la epidermis de los niños.

Como las muestras no arrojaron valores de fosfatos, lo que puede estar sucediendo es que las algas presentes en la laguna consuman muy rápido este elemento (Tabla 4.2.1), se considera que es el Nitrógeno el responsable del crecimiento de las algas y plantas predominantes en el

lugar, es decir, que es el limitante de crecimiento.

## **ALTERNATIVA No. 2**

En este caso se encuentran los canales, tanto el de Bohorquez como el de Dolores funcionando, permitiendo una salida de caudal mayor, como consecuencia de este planteamiento los valores de Oxígeno se elevan de tal manera que se supone está en la concentración de saturación, esto indica que existe mucha reareación por vientos presentes en la zona.

EL Oxígeno Disuelto que se presenta en esta alternatina se nota un crecimiento en la celda No 2 (13.4 mg/l), con respecto a las celdas No 1(12.8mg/l) y la celda No 3 (11.5 mg/l); La DBO tiene el mismo comportamiento que el O.D, en la celda No 2 alcanza su máximo valor (0.52 mg/l) con respecto a las celdas No 1 ( 0.05 mg/l) y celda No 3 ( 0.045 mg/l); el Nitrógeno Orgánico varia de la siguiente forma celda No 2 (0.851 mg/l), *celda No 1 (0.85 mg/l)* y celda No 3 (0.59 mg/l); el Nitrógeno Amoniacal tiene el siguiente comportamiento celda No 3 (0.23 mg/l), celda No 2 (0.22 mg/l) y la *celda No 1 ( 0.19 mg/l)*; el N Nitrito varia de la *celda No 1 ( 0.025 mg/l)*, celda No 3 ( 0.001 mg/l) y la celda No 2 (0.006 mg/l); el N Nitrato tiene su valor máximo en la celda No 2 (2.51 mg/l), siguiendoles en su respectivo orden *celdas No 1(2.4 mg/l)* y la celda No 3 ( 2.04 mg/l) [Ver figuras 4.2.1 y

de la 8.2.2 a la 8.2.7].

La concentración de DBO se baja a valores entre 0.52 hasta 0.052 mg/l, siendo que en la alternativa No 1 se encontraban en rangos de 1.09 hasta 0.94 mg/l. En cuanto al Nitrógeno en todas sus formas disminuye con respecto a la alternativa No. 1. Ver figuras 8.2.2 a 8.2.7.

En esta alternativa está ocurriendo el mismo fenómeno que en la primera, es que existe mayor concentración de Nitrógeno como nitratos, aunque en menor proporción pero igual están las condiciones de riesgo para la enfermedad azul (metahemoglobinemia).

### **ALTERNATIVA No. 3**

Con la condición de vegetación escasa, la ejecución de esta alternativa contempla la ampliación de las estructuras del canal de Juan Gómez - Dolores y el cierre de la salida de Juan Gómez -Bohorquez, en la misma forma como se hizo en la Alternativa No.1 Esta ampliación del canal, se traduce en una disminución del nivel máximo alcanzado por la ciénaga durante el tránsito de la creciente a 3.23 m y 0.10 m por debajo del alcanzado en la condición de la alternativa No. 1.

EL Oxígeno Disuelto que se presenta en esta alternatina se nota un crecimiento en la celda No 2 (5.43 mg/l), con respecto a las celdas No

1(5.2mg/l) y la celda No 3 (4.59 mg/l); La DBO tiene el mismo comportamiento que el O.D, en la celda No 2 alcanza su máximo valor (0.075mg/l) con respecto a las celdas No 1 ( 0.072mg/l) y celda No 3 ( 0.064 mg/l); el Nitrógeno Orgánico varia de la siguiente forma celda No 2 (0.876mg/l), *celda No 1 (0.873 mg/l)* y celda No 3 (0.62 mg/l); el Nitrógeno Amoniacal tiene el siguiente comportamiento celda No 3 (0.23 mg/l), celda No 2 (0.21 mg/l) y la *celda No 1 ( 0.20 mg/l)*; el N Nitrito varia de la *celda No 1 ( 0.025 mg/l)*, celda No 3 ( 0.001 mg/l) y la celda No 2 (0.006 mg/l); el N Nitrito tiene su valor máximo en la celda No 2 (2.76 mg/l), siguiendoles en su respectivo orden *celdas No 1(2.67 mg/l)* y la celda No 3 ( 2.25 mg/l) [Ver figuras 4.2.1 y de la 8.2.2 a la 8.2.7].

Las concentraciones de OD se mantienen como en la alternativa No.1, mientras que la DBO tiende a aumentar en las celdas No.1 y No.3, el nitrógeno en todas sus formas aumenta con respecto a la alternativa No 2 pero no con respecto a la alternativa No. 1. Ver figuras 8.2.2 a 8.2.7.

En esta alternativa esta ocurriendo el mismo fenómeno que en la primera, y es que existe mayor concentración de Nitrógeno como nitratos, aunque en mayor proporción que la alternativa No.2 pero igual estan las condiciones de riesgo para la enfermedad azul.

#### ALTERNATIVA No 4

En este caso se toma la misma condición de la alternativa No.1 donde se considera cerrada la salida al canal de Juan Gómez-Bohorquez y el vertedero hacia el canal de Juan Gómez-Dolores conserva las dimensiones con la variación de que la zona esta reforestada.

EL Oxígeno Disuelto que se presenta en esta alternatina se nota un crecimiento en la celda No 2 (4.16 mg/l), con respecto a las celdas No 1(3.99 mg/l) y la celda No 3 (3.49 mg/l); La DBO tiene el mismo comportamiento que el O.D, en la celda No 2 alcanza su máximo valor (0.41 mg/l) con respecto a las celdas No 1 ( 0.39 mg/l) y celda No 3 ( 0.35 mg/l); el Nitrógeno Orgánico varia de la siguiente forma celda No 2 (0.91mg/l), *celda No 1 (0.90 mg/l)* y celda No 3 (0.64 mg/l); el Nitrógeno Amoniacal tiene el siguiente comportamiento celda No 3 (0.24 mg/l), celda No 2 (0.22 mg/l) y la *celda No 1 ( 0.20 mg/l)*; el N Nitrito varia de la *celda No 1 ( 0.025 mg/l)*, celda No 3 ( 0.001 mg/l) y la celda No 2 (0.006 mg/l); el N Nitrato tiene su valor máximo en la celda No 2 (3.18 mg/l), siguiendoles en su respectivo orden *celdas No 1(3.06 mg/l)* y la celda No 3 ( 2.61 mg/l) [Ver figuras 4.2.1 y de la 8.2.2 a la 8.2.7].

Con este planteamiento la laguna tiene un comportamiento mucho más uniforme preservando un equilibrio entre la DBO, OD y Nitrógeno en todas sus formas; pues el OD disminuye con respecto a las alternativas No 1,2 y 3, pero es mayor de 2 mg/l lo que indica que se está preservando la vida de la flora y fauna de la laguna; la DBO sigue por debajo de la alternativa No.1 pero es mayor en las alternativa No.2 y 3; el Nitrógeno en todas sus condiciones se mantiene igual que en la alternativa No 1. Ver figuras 8.2.2 a 8.2.7.

#### **ALTERNATIVA No 5**

Utilización de las condiciones actuales, en la cual se presentan dos vertederos de salida, uno hacia el de Juan Gómez- Bohorquez (ancho de 10 m) y el otro hacia el canal de Juan Gómez-Dolores manteniendo las dimensiones existentes, se observan valores de OD en grandes proporciones pero más acorde con los resultados obtenidos en los laboratorios, es decir, la DBO se mantiene en menor proporción con respecto a las alternativas No.1 y 4 pero mayor que en las alternativas No.2 y 3. El OD aumenta con respecto a las alternativas No.1,3 y 4; el Nitrógeno en todas sus condiciones se mantiene igual que en la alternativa No.3 por encima de la alternativa No.2 y por debajo de las alternativas restantes. Ver



figuras 8.2.2 a 8.2.7.

EL Oxígeno Disuelto que se presenta en esta alternatina se nota un crecimiento en la celda No 2 (6.33 mg/l), con respecto a las celdas No 1(6.07 mg/l) y la celda No 3 (5.38 mg/l); La DBO tiene el mismo comportamiento que el O.D, en la celda No 2 alcanza su máximo valor (0.18 mg/l) con respecto a las celdas No 1 ( 0.17 mg/l) y celda No 3 ( 0.15 mg/l); el Nitrógeno Orgánico varia de la siguiente forma celda No 2 (0.873mg/l), *celda No 1 (0.871 mg/l)* y celda No 3 (0.61 mg/l); el Nitrógeno Amoniacal tiene el siguiente comportamiento celda No 3 (0.23 mg/l), celda No 2 (0.21mg/l) y la *celda No 1 ( 0.20 mg/l)*; el N Nitrito varia de la *celda No 1 ( 0.025 mg/l)*, celda No 3 ( 0.001 mg/l) y la celda No 2 (0.006 mg/l); el N Nitrato tiene su valor máximo en la celda No 2 (2.74 mg/l), siguiendoles en su respectivo orden *celdas No 1(2.64 mg/l)* y la celda No 3 ( 2.23 mg/l) [Ver figuras 4.2.1 y de la 8.2.2 a la 8.2.7].

#### **ALTERNATIVA No 6**

Salida cerrada hacia el canal de Juan Gómez-Bohorquez y ampliación de las dimensiones del canal de Juan Gómez-Dolores.

Se mantiene estable al igual que en la alternativa No.4, es decir, que la DBO, el OD y el Nitrógeno se mantienen en equilibrio; pues la DBO disminuye con respecto a las alternativas No.1 y 4, pero aumenta con respecto a las alternativas No.2, 3 y 5; en cuanto al OD disminuye en comparación con las alternativas No. 1,2,3 y 5, pero aumenta con respecto a la alternativa No.4; el Nitrógeno disminuye con respecto a las alternativas No. 1 y 4, pero aumenta con relación a las alternativas 2, 3 y 5. Ver figuras 8.2.2 a 8.2.7.

Esto puede ser debido al efecto difusivo y advectivo por los caudales que se manejan y por la arborización presente.

EL Oxígeno Disuelto que se presenta en esta alternativa se nota un crecimiento en la celda No 2 (4.36 mg/l), con respecto a las celdas No 1(4.18 mg/l) y la celda No 3 (3.66 mg/l); La DBO tiene el mismo comportamiento que el O.D, en la celda No 2 alcanza su máximo valor (0.30 mg/l) con respecto a las celdas No 1 ( 0.29 mg/l) y celda No 3 ( 0.26 mg/l); el Nitrógeno Orgánico varía de la siguiente forma celda No 2 (0.90mg/l), celda No 1 (0.896 mg/l) y celda No 3 (0.64 mg/l); el Nitrógeno Amónico tiene el siguiente comportamiento celda No 3 (0.24 mg/l), celda No 2 (0.22 mg/l) y la celda No 1 ( 0.20 mg/l); el N Nitrito varía de la celda No 1 ( 0.025

mg/l), celda No 3 ( 0.001 mg/l) y la celda No 2 (0.006 mg/l); el N Nitrato tiene su valor máximo en la celda No 2 (3.04 mg/l), siguiendoles en su respectivo orden *celdas No 1(2.94 mg/l)* y la celda No 3 ( 2.50 mg/l) [Ver figuras 4.2.1 y de la 8.2.2 a la 8.2.7].

## RECOMENDACIONES

En cuanto a la medición de los parámetros físico-químicos se recomienda que se tomen valores de fósforo orgánico y fosfatos, pues los que se tomaron en la laguna no arrojaron ningún valor, cosa que es ***incongruente*** con los datos tomados en la planta de tratamiento de aguas de Cartagena. Ver tablas 8.2.1 y 8.2.2. Lo ideal es realizar un plan de monitoreo a lo largo de todo el sistema que indique de una forma completa y certera los parámetros físico - químico que reflejan la calidad de agua como son la salinidad, DBO, DBON, OD, Amonio, fósforo, clorofila A, temperatura, entre otros.

En cuanto a la turbiedad de las muestras que se tomaron en el sistema lagunar, nos indica que es alta por que lo recomendable en las normas colombianas para agua potable es de 5 NTU. Ver *tabla 8.2.3* Y los datos

tomados en campo se encuentran en los rangos de 7.46 y 32.9 . Ver tabla 4.2.1. Es recomendable la siembra de arboles alrededor para ayudar en la retención de solidos.

De las muestras de pH que se tomaron en el lugar se indica que está en un rango básico más no alejado del pH neutro (rango entre 8.92 y 7.43.Ver tabla 4.2.1), al encontrarse en este rango el agua tiende a ser de mal sabor. Ya que en esta zona no existe conducción de agua potable y los habitantes de los alrededores están propensos al consumo del líquido. Para todas sus actividades se recomienda hacer muestreos periódicos de los parámetros físico-químicos del sistema lagunar de Juan Gómez, Bohorquez y Dolores.

En cuanto a las soluciones del Plan De Manejo Ambiental se recomienda que se utilicen las alternativas No. 4 En esta se considera cerrada la salida al canal de Juan Gómez-Bohorquez y el vertedero hacia el canal de Juan Gómez-Dolores conserva las dimensiones actuales o la alternativa No.6, en el que se cierra la salida hacia el canal de Juan Gómez-Bohorquez y ampliación de las dimensiones del canal de Juan Gómez-Dolores, debido a que al reforestar la zona se presenta un mejor balance dentro del sistema biológico; ahora **Aguas de Cartagena** tiene previsto realizarlo, pues ya está construido un canal que comunica a Juan Gómez con Dolores.

Como lo que se quiere es el bienestar de la comunidad y menos gastos en tratamientos en la potabilización del agua, las alternativas No.4 y 6, suelen ser las más aconsejables.

Las recomendaciones expuestas anteriormente tienen como objeto primordial conservar las condiciones de la calidad del agua, pero estos esfuerzos serán en vano si no se tienen en cuenta aspectos como recolección de basuras, la concientización de la población sobre el uso de los recursos naturales.

El hecho de la siembra de arboles a las orillas de los ríos permite que se quede atrapada parte del agua que se vierte a la laguna por escorrentía y también retienen los sólidos que generan una gran variedad de materiales en suspensión, que varían en tamaño, materia orgánica e inorgánica. Ver figura 3.2.8.

Con la alternativas No.4 o 6 en la cual se plantean las posibilidades de arborizar las orillas del sistema lagunar, y de cerrar el canal natural de Bohorquez ampliando el canal artificial que comunica Juan Gómez y Dolores, con el propósito de estabilizar los cuerpos de agua manteniendo así un equilibrio ecológico de la zona, incluso en las épocas de mayor

concentración de precipitación.

Al ampliar el canal de Dolores se está garantizando condiciones ambientales de calidad de agua recomendables para la pesca, la ganadería, la navegación, dilución de desechos y buenas condiciones estéticas.

La conservación de flora y fauna se hace posible en todos los cuerpos de agua componentes del sistema. Incluyendo en la entrada y en la mitad de la laguna de Juan Gómez donde se presentan los mayores cambios en la DBO y el Oxígeno Disuelto.

Particularmente por lo alejada que se encuentra la zona es pertinente que se establezca un laboratorio para el análisis de muestras en las estaciones de bombeo de Conejos y Dolores, y así garantizar el chequeo constante de la calidad del agua en la zona de estudio.

### **8.3 MODELO HIDRÁULICO**

Al realizar el análisis de las alternativas de este modelo se observó lo siguiente :

**Alternativa No. 1**

Las condiciones de la alternativa se presenta en una época de lluvia, en que los niveles del canal del dique son altos y presentando precipitación.

En el vertedero de entrada al canal de Conejos–Juan Gómez se presentaron velocidades ascendentes en forma polinómica, presentando una velocidad mínima en la cota de  $-0.10\text{m}$  con un valor de  $0.12\text{ m/s}$ , el valor máximo es alrededor de  $0.97\text{ m/s}$  a la altura de  $3.5\text{m}$ , que es la máxima altura útil del vertedero. Estas condiciones de velocidades se presentan en todas las alternativas.

En el vertedero de salida del canal de Juan Gómez–Dolores se mostró igual comportamiento en la curva de velocidad. La velocidad más baja resultó con un valor de  $0.09\text{ m/s}$  y una máxima de  $0.49\text{ m/s}$ .

**Alternativa No.2**

En esta alternativa se considera abierta la salida de Juan Gómez–Bohorquez, con un ancho de  $10\text{ m}$  y se conservan las dimensiones del canal de Juan Gómez–Dolores.

Las velocidades del canal de Juan Gómez–Dolores son iguales a la de la

alternativa anterior, ya que se presenta una evacuación de aguas prácticamente igual. Mientras que en el canal de Juan Gómez–Bohorquez se observaron velocidades que duplican la de la otra salida, debido a que el caudal de evacuación es mucho mayor en niveles más bajos.

Los datos de velocidades obtenidos en canal Juan Gómez–Bohorquez son alrededor de 0.24 m/s en velocidades mínimas en la cota 0.10m y 0.95 m/s en la cota máxima útil del vertedero.

### **Alternativa No.3**

En este escenario se cierra una de las salidas de aguas del sistema y son ampliadas las dimensiones del vertedero del canal Juan Gómez–Dolores, con una base inferior de 9,2m y superior de 13.22m.

El caudal que se descarga por estas condiciones del canal es mucho más grande que en las otras alternativas, por lo que se aumentarán las velocidades presentadas en esta estructura. La velocidad mayor se calcula en la cota máxima del vertedero 0.50 m/s y la menor con un valor de 0.10 m/s.



### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **AGUJAS DE CARTAGENA.** Reconstrucción del Sistema Lagunar Juan Gómez-Dolores-Bohorquez. Cartagena de Indias, Colombia : ACUACAR, 1.997.
2. **ANALES DE INGENIERIA.** Modernización Vial, Vías por concesión. Santa Fé de Bogotá, Colombia : Sociedad Colombiana de Ingenieros, 1.996. (vol.CIV No. 867).
3. **ARBOLEDA VALENCIA,** Jorge. Teoria y Practica de la Purificación del Agua. Florida, E.E.U.U. : Asociación Colombiana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental "ACODAL", 1.992.
4. **ALMANZA,** Ligia; **MARTÍNEZ,** Omar y **VELÁZQUEZ,** Rubén. Prediseño del Alcantarillado Pluvial del Sector de San Vicente de Paúl. Cartagena de Indias, Colombia : 1.995. II. Tesis de Grado (Ingeniero Civil). Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
5. **CARCIENTE,** Jacobo. Carreteras, estudio y proyecto. Venezuela : Ediciones Villegas, 1985.
6. **CENTRO DE INVESTIGACIÓN OCEANOGRÁFICA E HIDROGRÁFICA.** Dinámica de la Pluma de Turbidez del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena. Cartagena, Colombia : 1.992. Boletín científico No. 11.
7. **CHOW,** Ven Te. Hidráulica de canales Abiertos. Santa Fé de Bogotá, Colombia : McGraw Hill, 1.994.
8. **CHOW,** Ven Te; **Maidment,** David y **Mays,** Larry. Hidrología Aplicada. Santa Fé de Bogotá, Colombia : McGraw Hill, 1.994.

9. **CONSORCIO CARINSA-INCOPLÁN LTDA.** Actividades de Dragado del Canal del Dique estudio de Impacto Ambiental. Santa Fé de Bogotá, Colombia : Ministerio de Obras Públicas y Transporte, 1.993.
10. **DIAZ HERAZO, Ernesto y García N., Diana.** Bases para el Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hidrográfica que atraviesa la Vía a Mamoral. Cartagena, Colombia : 1.996. II. Tesis de Grado (Ingeniero Civil). Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
11. **EDURBE-FONADE-UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.** Estudio del Comportamiento Hidráulico-Ambiental de los Caños y Lagos de Cartagena. Cartagena, Colombia : U de C, 1.992.
12. **ENSUNCHO Lucila, GARCÍA Carmency y USTÁRIZ Graciela.** Modelación Ambiental para la formulación del Plan de Ordenamiento del sistema de Caños, Lagunas y Ciénagas internos de Cartagena de Indias. Cartagena, Colombia : 1.995. II. Tesis de Grado (Ingeniero Civil). Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias e Ingeniería.
13. **GARCIA BEJARANO, Javier.** Conferencias y Gráficos (El Universitario). Santa Fé de Bogotá : UNIGRACON, 1.978.
14. **HENAO S., Ana Maria y SALAZAR A., Alvaro.** Predicción de la Eutroficación, Modelos de Fosforo Total. Medellín, Colombia : Empresas Públicas de Medellín, 1.9--?
15. **INDERENA Regional Bolívar.** Programa para la simulación de la Calidad de agua de la Ciénaga de la Virgen de Cartagena. Cartagena, Colombia : Ingemaster Ltda, 1.991.
16. -----, Curso : Calidad de Agua y Modelación Matemática, Memorias. Santa Fé de Bogotá : INDERENA, 1.987.
17. **INGEMASTER LTDA.** Estudio de la Cuenca de la Ciénaga de la Virgen de Cartagena de Indias D.T. y C. Cartagena, Colombia : Carlos Bello, 1.989.
18. **INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS.** Normalización de la Documentación, Guía para la Presentación de Trabajos de Investigación. Santa Fé de Bogotá, Colombia : ICFES, 1.993.
19. **INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI.** Estudio General de

Suelos de la Zona del Canal del Dique, Calamar, Maria La Baja, San Estanislao, Santa Rosa, Soplaviento, Turbaco, Turbana y Villanueva. Cartagena, Colombia : IGAC, 1.982.

**20. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS.** Resumen de la Hidrogeología de los departamentos de Atlántico y Bolívar al norte del canal del Dique. Alcides Huguett. Santa Fé de Bogotá, Colombia : INGEOMINAS, 1.988.

**21. LINSLEY, Jr. Ray, KOHLER Max y PAULHUS Joseph.** Hidrologia para Ingenieros. Panamá : Mc Graw Hill, 1.967

**22. METCALF - EDDY.** Ingeniería de Aguas Residuales : Tratamiento, Vertido y Reutilización. 1 de. Madrid : Mc Graw Hill, 1.995. v. 1, v. 3.

**23. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.** Preparación del Plan de Usos y manejo sostenible del Canal del Dique y su área de influencia, Términos de Referencia. Santa Fé de Bogotá : Optima Technical Services, 1.995.

**24. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE.** Rios y Costas Año 1 No. 1. Santa Fe de Bogota : MOPT, 1990.

**25. MORENO DE WOOD, Dalia y ARRIETA Alfonso.** Introducción al programa Automated Coastal Engineering System (ACES). Cartagena, Colombia : Universidad de Cartagena, 1.993.

**26. MOUTHON BELLO, Javier.** Modelación Matemática de Recursos Hidráulicos. Cartagena, Colombia : Universidad de Cartagena, 1.991.

**27. -----.** Evaluación Ambiental. Montería, Colombia : Universidad de Cordoba, 1.997.

**28. REMENIERAS G.** Tratado de Hidrología Aplicada. Barcelona, España : Editores Técnicos Asociados S.A., 1.974

**29. ROMERO R.,Jairo.** Acuíquímica. Santa Fé de Bogotá, Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería, 1.996.

**30. RIJIZ P.,Jader y VALVERDE G., Gustavo.** Modelación Ambiental de cuerpos de Agua en Tres Dimensiones. Cartagena, Colombia : 1.996. II. Tesis de Grado (Ingeniero Civil). Universidad de Cartagena. Facultad de Ciencias e Ingeniería.

31. **SALAZAR A.** Alvaro. Contaminación de recursos hídricos Modelos y Control. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia AINSA. Medellín, Colombia 1.987.
32. **SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL,** Gobernación de Bolívar. Zonas Agroecologicas y Uso y cobertura del suelo. Cartagena, Colombia 1.997.
33. **SOTELO A.,** Gilberto. Hidráulica General Fundamentos. México : Editorial Limusa, 1.974. v. 1.
34. **TCHOBANNOGLOUS G.,** Schroeder E. Water Quality. Reading Massachussets : Addison Wesley Publishg Company, 1.991.
35. **THOMANN,** Robert y **MUELLER** John. Principle of surface water quality modeling and control. United states of América : Harper Collins Publishers. 1.987.
36. **UNITED** States Department of the Interior, Stewart L. Udoll. Diseño para Presas Pequeñas. Una Publicación Técnica de Recursos Hidráulicos.
37. **U.S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY.** Qual 2E, User`s guide.

**TABLAS**

**Tabla 3.4.1 Características Morfométricas de las Cuencas**

<b>Cuenca</b>	<b>Pend. S (%)</b>	<b>Long. L (m)</b>	<b>Area (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>H Max (m)</b>	<b>H Min (m)</b>	<b>H Med. (m)</b>
Dolores	0.72	3200	3.83	25	2	13.50
Arroyo de Cascajo	0.61	3800	4.79	25	2	13.50
Arroyo Quita Calzón y Arroyito	0.67	9000	11.34	62	2	32.00
Parcelación de Jinete	1.15	8500	11.30	100	2	51.00
La Gloria	2.28	3200	3.14	75	2	38.50
Fistola y Adriana	2.65	3700	2.97	100	2	51.00
La Carolina y Santa Isabel	1.55	3100	3.0238	50	2	26.00

Tabla 3.5.1 Tipos de Suelos de las Cuencas Hidrográficas

Cuenca	Area (Km)											Total
	TNab	CMa	LEbc	TPcd1	CMp	TPcd1-2	PMa	PMab	PMP	JGp		
1	1.210	0.125	1.756	0.036								3.127
2	0.105	0.637	3.004	0.500	0.325	0.100	0.125					4.796
3	0.922		1.759	4.698	1.178	1.700	0.412	0.713				11.382
4			7.139	0.799	0.674	1.246	0.433		1.011			11.302
5			2.231			0.125	0.789					3.145
6			0.346	1.516		0.861	0.250					2.973
7			1.069	1.972						0.013		3.054

Fuente : Referencia (19)

Tabla 3.5.2 Geología de las Cuencas Hidrográficas

Cuenca	Area (Km <sup>2</sup> )		Total
	Depositos Aluviales Q6	Turbíticas de Luruaco T16	
1	3.1788	0.6590	3.8378
2	0.868	3.9282	4.7962
3	2.1455	9.1973	11.3428
4	2.8538	8.4478	11.3016
5	1.3687	1.7766	3.1453
6	0.9581	2.0151	2.9732
7	1.3441	1.6824	3.0265

Fuente : Referencia (20)

Tabla 4.2.2 NORMAS DE CALIDAD DE AGUA SEGUN SUS USOS (12)

USOS CARACTERISTICAS	RECREACION PRIMARIA		RECREACION SECUNDARIA		ESTETICA	CONSERVACION FAUNA Y FLORA		CONSERVACION ESPECIES		NAVEGACION	DILUCION DE DESECHOS
	10_35	5	10	2		10_35	10	4	10_35		
SALINIDAD (mg/l)			-		-	10_35	10_35	10_35	10_35	-	-
DBO(mg/l)			10		-	10	10	10	10	-	-
OD(mg/l)			2		-	4	4	4	4	-	-



Tabla 4.2.3 CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS SUPERFICIALES (27)

USOS DEL AGUA	O.D. MINIMO PERMISIBLE mg/l	SOLIDOS DISUELTOS mg/l	OTROS SOLIDOS	COLIFORMES, MAX. PERMISIBLES EN 100 ML
SUMINISTRO PUBLICO	4	500-750	Ningun solido flotante o sedimentable que forme depositos	2000 Fecales
RECREACION	4-5	-	IDEM	200 Fecales 1000 Totales
PROPAGACION DE PECES Y VIDA SILVESTRE	4-6	-	IDEM	5000
INDUSTRIAL	3-5	750-1500	IDEM	-
AGRICOLA	3-5	750-1500	IDEM	-
CRIA DE MARISCOS	4-6	-	IDEM	70

**Tabla 6.1.3 Distribución de Areas Tributarias y Número de Curvas CN**

Cuenca	Area (Km )											Total
	Cobertura	Pastos Pobres		Pastos Optimos			Vegas de Rios		Total			
		Grupo A	Grupo C	Grupo A	Grupo C	Grupo D	Grupo D					
Tipo de Suelo	86	68	CN1	39	74	CN2	78	CN3	CNT			
CN	1.92		86.00		1.92	74.00			79.99	3.84		
	4.47	0.13	85.51		0.21	74.00			85.02	4.80		
	7.64	1.13	83.69		2.62	74.00			81.46	11.38		
	8.61	0.43	85.14	1.01	1.25	58.32			79.78	11.30		
	2.23	0.79	81.30		0.13	74.00			81.01	3.15		
	1.86	0.25	83.87		0.86	74.00			81.01	2.97		
	3.04		86.00				0.01	78.00	85.97	3.05		

**Fuente : Referencia (8)**

Tabla 6.1.4.1 Tiempo de Concentración

Secuencia	Pend. S (%)	Long. L (m)	Long. L (pie)	Area (Km <sup>2</sup> )	H Max (m)	H Min (m)	H Med. (m)	CN	T. Conc. T1 (min)	T. Conc. T2 (min)	T. Conc. T3 (min)	T. Conc. T4 (min)	T. Conc. T5 (min)	T. Conc. T6 (min)	T. Conc. T7 (min)	T. Conc. T8 (min)
A1	0.72	3200	10498.7	3.83	25	2	13.50	79.99	65.10	257.77	245.95	65.20	69.25	26.34	28.40	140.74
A2	0.61	3800	12467.2	4.79	25	2	13.50	85.02	79.39	295.05	260.46	79.51	84.40	31.66	31.54	182.12
A3	0.67	9000	29527.6	11.34	62	2	32.00	81.46	148.58	357.57	557.46	148.80	123.73	51.38	40.00	410.99
A4	1.15	8500	27887.1	11.30	100	2	51.00	79.78	115.15	275.12	427.06	115.32	93.92	43.56	33.20	295.16
A5	2.28	3200	10498.7	3.14	75	2	38.50	81.01	41.73	143.69	133.68	41.79	35.20	16.60	19.78	79.00
A6	2.65	3700	12139.1	2.97	100	2	51.00	81.01	44.06	130.68	139.34	44.13	31.77	15.36	19.91	84.77
A7	1.55	3100	10170.60	3.024	50	2	26.00	85.97	47.28	170.70	133.78	47.35	41.92	18.21	22.15	92.89

†1 : Tiempo de concentración Kirpich :  $0.0078xL^{0.77}S^{-0.385}$ ; L(pie), S(pie/pie)

†2 : Tiempo de concentración Giandotti :  $(4xA^{0.5}+1.5xL)/(0.8xH_{med}^{0.5})$ ; A(Km<sup>2</sup>), L(Km), H<sub>med</sub>(m)

†3 : Tiempo de concentración Ecuación de Retardo SCS :  $[100xL^{0.8}[(1000/CN)-9]^{0.7}]/(1900xS^{0.5})$ ; L(pie), S(%)

†4 : Tiempo de concentración California Culvert Practice :  $0.0195[L^3/(H_{max}-H_{min})]^{0.385}$ ; L(m), H(m)

†5 : Tiempo de concentración Ventura Heras :  $0.05x60x(A/S)^{0.5}$ ; A(Km<sup>2</sup>), S(m/m)

†6 : Tiempo de concentración Rio Guaire :  $0.355(A/S^{0.5})^{0.595}$ ; A(Km<sup>2</sup>), S(m/Km)

†7 : Tiempo de concentración Izzard :  $[41.025(0.0007i+c)L^{0.33}]/(S^{0.333}i^{0.667})$ ; L(pie), S(pie/pie), i(pulg/h), c:Coef. de Retardo : 0.06

†8 : Tiempo de concentración Ecuación Usada en el Plan Maestro de Acued. y Alcan. :  $L/\{4.47*60*[(H_{max}-H_{min})/L]^{0.5}\}$ ; L(m), H(m)

Tabla 6.1.4.2 Tiempo de Concentración Promedio T6 Y T7

Cuenca	Pend.	Long. L (m)	Area (Km <sup>2</sup> )	H Max (m)	H Min (m)	T <sub>1</sub> . Concentr. (horas)	T <sub>1</sub> . Dur. Efectiva	T <sub>1</sub> . Dur. Efect. Redondeado (min)
	S (%)						$2*(Tc)^{0.5}$	
A1	0.72	3200	3.83	25	2	0.46	81.05	80
A2	0.61	3800	4.79	25	2	0.53	87.09	80
A3	0.67	9000	11.34	62	2	0.76	104.71	100
A4	1.15	8500	11.30	100	2	0.64	95.97	100
A5	2.28	3200	3.14	75	2	0.30	66.07	60
A6	2.65	3700	2.97	100	2	0.29	65.05	60
A7	1.55	3100	3.02	50	2	0.34	69.59	60

Tabla 6.1.4.3 Tiempo de Concentración Promedio T1, T4 Y T5

Cuenca	Pend.	Long. L (m)	Area (Km <sup>2</sup> )	H Max (m)	H Min (m)	T <sub>2</sub> . Concentr. (horas)	T <sub>2</sub> . Dur. Efectiva	T <sub>2</sub> . Dur. Efect. Redondeado (min)
	S (%)						$2*(Tc)^{0.5}$	
A1	0.72	3200	3.83	25	2	1.11	126.35	130
A2	0.61	3800	4.79	25	2	1.35	139.51	130
A3	0.67	9000	11.34	62	2	2.34	183.54	170
A4	1.15	8500	11.30	100	2	1.80	161.09	170
A5	2.28	3200	3.14	75	2	0.66	97.46	100
A6	2.65	3700	2.97	100	2	0.67	97.96	100
A7	1.55	3100	3.02	50	2	0.76	104.52	100

Tabla 6.1.4.4 Tiempo de Concentración Promedio T8

Cuenca	Pend. S (%)	Long. L (m)	Área (Km <sup>2</sup> )	H Max (m)	H Min (m)	T <sub>3</sub> Concentr. (horas)	T <sub>3</sub> Dur. Efectiva		T <sub>3</sub> Dur. Efect. Redondeado (min)
							2*(Tc) <sup>0.5</sup>	2*(Tc) <sup>0.5</sup>	
A1	0.72	3200	3.83	25	2	2.35	183.78	183.78	190
A2	0.61	3800	4.79	25	2	3.04	209.07	209.07	190
A3	0.67	9000	11.34	62	2	6.85	314.07	314.07	310
A4	1.15	8500	11.30	100	2	4.92	266.15	266.15	260
A5	2.28	3200	3.14	75	2	1.32	137.69	137.69	140
A6	2.65	3700	2.97	100	2	1.41	142.63	142.63	140
A7	1.55	3100	3.02	50	2	1.55	149.31	149.31	140

Tabla 6.1.4.5 Tiempo de Concentración Promedio T2 y T3

Cuenca	Pend. S (%)	Long. L (m)	Área (Km <sup>2</sup> )	H Max (m)	H Min (m)	T <sub>4</sub> Concentr. (horas)	T <sub>4</sub> Dur. Efectiva		T <sub>4</sub> Dur. Efect. Redondeado (min)
							2*(Tc) <sup>0.5</sup>	2*(Tc) <sup>0.5</sup>	
A1	0.72	3200	3.83	25	2	4.20	245.86	245.86	250
A2	0.61	3800	4.79	25	2	4.63	258.19	258.19	250
A3	0.67	9000	11.34	62	2	7.63	331.37	331.37	330
A4	1.15	8500	11.30	100	2	5.85	290.28	290.28	290
A5	2.28	3200	3.14	75	2	2.31	182.44	182.44	180
A6	2.65	3700	2.97	100	2	2.25	180.01	180.01	180
A7	1.55	3100	3.02	50	2	2.54	191.15	191.15	180

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 180 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	7.16
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	7.73
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	8.45
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	9.39
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	10.67
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	12.57
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	15.77
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	22.60
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90	51.31
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100	30.43
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110	18.41
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120	13.93
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130	11.52
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140	9.97
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150	8.88
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160	8.07
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170	7.43
180	200	87.07	261.22	6.91	170-180	6.91

Tabla 6.1.5.1.1.1 Hietograma Duración Efectiva 180 minutos Período de Retorno 200 años

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 60 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	15.77
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	22.60
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	51.31
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	30.43
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	18.41
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	13.93

Tabla 6.1.5.1.1.2 Hietograma Duración Efectiva 60 minutos Período de Retorno 200 años

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 80 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	12.57
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	15.77
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	22.60
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	51.31
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	30.43
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	18.41
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	13.93
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	11.52

Tabla 6.1.5.1.1.3 Hietograma Duración Efectiva 80 minutos Período de Retorno 200 años

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 100 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	10.67
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	12.57
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	15.77
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	22.60
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	51.31
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	30.43
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	18.41
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	13.93
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90	11.52
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100	9.97

Tabla 6.1.5.1.1.4 Hietograma Duración Efectiva 100 minutos Período de Retorno 200 años

### HISTOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 130 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130

Tabla 6.1.5.1.1.5 Hietograma Duración Efectiva 130 minutos Período Ret

### HISTOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 170 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170

Tabla 6.1.5.1.1.6 Hietograma Duración Efectiva 170 minutos Período Ret



### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 140 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140

Tabla 6.1.5.1.1.7 Hietograma Duración Efectiva 140 minutos Período Reto

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 190 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170
180	200	87.07	261.22	6.91	170-180
190	200	84.60	267.91	6.69	180-190

Tabla 6.1.5.1.1.8 Hietograma Duración Efectiva 190 minutos Período Reto

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 250 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P. INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	6.69
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	7.43
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	8.07
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	8.88
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	9.97
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	11.48
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	11.78
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	12.42
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90	12.78
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100	13.93
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110	15.77
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120	22.60
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130	51.31
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140	30.43
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150	18.41
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160	14.07
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170	13.18
180	200	87.07	261.22	14.07	170-180	12.57
190	200	84.60	267.91	6.69	180-190	12.09
200	200	82.32	274.39	13.18	190-200	11.52
210	200	80.20	280.69	12.78	200-210	10.67
220	200	78.22	286.82	12.42	210-220	9.39
230	200	76.38	292.78	12.09	220-230	8.45
240	200	74.65	298.59	11.78	230-240	7.73
250	200	73.02	304.26	11.48	240-250	7.16

**Tabla 6.1.5.1.1.9 Hietograma Duración Efectiva 250 minutos Período de Retorno 200 años**

## HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 260 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	7.16
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	7.73
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	8.45
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	9.39
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	10.67
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	11.48
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	11.78
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	12.42
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90	12.78
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100	13.93
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110	15.77
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120	22.60
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130	51.31
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140	30.43
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150	18.41
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160	14.07
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170	13.18
180	200	87.07	261.22	14.07	170-180	12.57
190	200	84.60	267.91	6.69	180-190	12.09
200	200	82.32	274.39	13.18	190-200	11.52
210	200	80.20	280.69	12.78	200-210	11.21
220	200	78.22	286.82	12.42	210-220	9.97
230	200	76.38	292.78	12.09	220-230	8.88
240	200	74.65	298.59	11.78	230-240	8.07
250	200	73.02	304.26	11.48	240-250	7.43
260	200	71.49	309.80	11.21	250-260	6.69

Tabla 6.1.5.1.1.10 Hietograma Duración Efectiva 260 minutos Período de Retorno 200 años

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 290 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	6.69
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	7.43
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	8.07
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	8.88
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	9.97
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	10.67
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	10.96
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	11.48
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90	11.78
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100	12.42
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110	12.78
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120	13.93
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130	15.77
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140	22.60
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150	51.31
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160	30.43
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170	18.41
180	200	87.07	261.22	14.07	170-180	14.07
190	200	84.60	267.91	6.69	180-190	13.18
200	200	82.32	274.39	13.18	190-200	12.57
210	200	80.20	280.69	12.78	200-210	12.09
220	200	78.22	286.82	12.42	210-220	11.52
230	200	76.38	292.78	12.09	220-230	11.21
240	200	74.65	298.59	11.78	230-240	10.72
250	200	73.02	304.26	11.48	240-250	10.50
260	200	71.49	309.80	11.21	250-260	9.39
270	200	70.05	315.22	10.96	260-270	8.45
280	200	68.68	320.52	10.72	270-280	7.73
290	200	67.39	325.72	10.50	280-290	7.16

**Tabla 6.1.5.1.1.11 Hietograma Duración Efectiva 290 minutos Período de Retorno 200 años**

### HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 310 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	6.69
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	7.43
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	8.07
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	8.88
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	9.97
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	10.28
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	10.67
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	10.96
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90	11.48
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100	11.78
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110	12.42
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120	12.78
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130	13.93
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140	15.77
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150	22.60
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160	51.31
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170	30.43
180	200	87.07	261.22	14.07	170-180	18.41
190	200	84.60	267.91	6.69	180-190	14.07
200	200	82.32	274.39	13.18	190-200	13.18
210	200	80.20	280.69	12.78	200-210	12.57
220	200	78.22	286.82	12.42	210-220	12.09
230	200	76.38	292.78	12.09	220-230	11.52
240	200	74.65	298.59	11.78	230-240	11.21
250	200	73.02	304.26	11.48	240-250	10.72
260	200	71.49	309.80	11.21	250-260	10.50
270	200	70.05	315.22	10.96	260-270	10.08
280	200	68.68	320.52	10.72	270-280	9.39
290	200	67.39	325.72	10.50	280-290	8.45
300	200	66.16	330.81	10.28	290-300	7.73
310	200	64.99	335.80	10.08	300-310	7.16

**Tabla 6.1.5.1.1.12 Hietograma Duración Efectiva 310 minutos Período de Retorno 200 años**

## HIETOGRAMA DE DURACIÓN EFECTIVA DE 360 MINUTOS

DURACIÓN min	PERÍODO años	INTENSIDAD mm/h	P. ACUMUL. mm	P.INCREM. mm	TIEMPO min	PRECIPITAC. mm
10	200	307.88	51.31	51.31	0-10	6.69
20	200	245.24	81.75	30.43	10-20	7.43
30	200	208.69	104.35	22.60	20-30	8.07
40	200	184.14	122.76	18.41	30-40	8.88
50	200	166.23	138.53	15.77	40-50	9.71
60	200	152.46	152.46	13.93	50-60	9.97
70	200	141.46	165.03	12.57	60-70	10.28
80	200	132.41	176.55	11.52	70-80	10.67
90	200	124.81	187.22	10.67	80-90	10.96
100	200	118.31	197.19	9.97	90-100	11.48
110	200	112.68	206.58	9.39	100-110	11.78
120	200	107.73	215.46	8.88	110-120	12.42
130	200	103.34	223.91	8.45	120-130	12.78
140	200	99.42	231.98	8.07	130-140	13.93
150	200	95.88	239.71	7.73	140-150	15.77
160	200	92.68	247.14	7.43	150-160	22.60
170	200	89.75	254.30	7.16	160-170	51.31
180	200	87.07	261.22	14.07	170-180	30.43
190	200	84.60	267.91	6.69	180-190	18.41
200	200	82.32	274.39	13.18	190-200	14.07
210	200	80.20	280.69	12.78	200-210	13.18
220	200	78.22	286.82	12.42	210-220	12.57
230	200	76.38	292.78	12.09	220-230	12.09
240	200	74.65	298.59	11.78	230-240	11.52
250	200	73.02	304.26	11.48	240-250	11.21
260	200	71.49	309.80	11.21	250-260	10.72
270	200	70.05	315.22	10.96	260-270	10.50
280	200	68.68	320.52	10.72	270-280	10.08
290	200	67.39	325.72	10.50	280-290	9.89
300	200	66.16	330.81	10.28	290-300	9.39
310	200	64.99	335.80	10.08	300-310	8.45
320	200	63.88	340.70	9.89	310-320	7.73
330	200	62.82	345.51	9.71	320-330	7.16

Tabla 6.1.5.1.1.13 Hietograma Duración Efectiva 330 minutos Período de Retorno 200 años

**Tabla 6.1.5.1.2.1 Caudales Máximos (m<sup>3</sup>/sg) Período de Retorno 200 años Método S.C.S.**

Cuenca	Caudal (m <sup>3</sup> /sg)			
	Tiempo Conc 1	Tiempo Conc 2	Tiempo Conc 3	Tiempo Conc 4
Dolores	1122.42	721.54	386.87	237.41
Arroyo de Cascajo	1921.44	1180.27	599.55	410.62
Arroyo Quita Calzón y Arroyito	2502.39	1155.55	379.23	315.58
Parcelación de Jinete	1294.81	1031.57	1006.19	985.63
La Gloria	483.70	353.09	319.41	301.14
Fistola y Adriana	433.89	331.51	321.59	282.34
La Carolina y Santa Isabel	808.39	383.02	318.95	289.47

Tabla 6.1.6.2.2 Cálculo del Hidrograma de la Cuenca No.1. Periodo de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4.

**Hidrograma de Caudal Máximo**  
**Tempo de Retorno 200 Años**  
**Método Hidrograma Adimensional SCS**  
**Cuenca No. 1**

Área 3.6367 Frac. Área CN  
 Cobertura  
 Pastizales Pobres Grupo A 0.4896 1.92 86  
 Pastizales Pobres Grupo C 0.0000 0 68  
 Pastizales Óptimos Grupo C 0.5004 1.92 74

Longitud (L) 3200 m  
 T. Concentración (Tc) 4.20 HORAS  
 T. Retardo (tr) 2.519 HORAS  
 Duración Eléctiva (tr) 4.098 HORAS  
 Tiempo Pico (Tp) 4.567 HORAS  
 Tiempo Base (Tb) 12.2 HORAS  
 Caudal Unitario Pico (q<sub>p</sub>) 1.748 M3/(s\*mm)

**Hidrograma Unitario Triangular (S.C.S.)**  
 Pendiente % (S) 2.281 DE LA CUENCA  
 Longitud (L) 3200 m  
 T. Concentración (Tc) 4.20 HORAS  
 T. Retardo (tr) 2.519 HORAS  
 Duración Eléctiva (tr) 4.098 HORAS  
 Tiempo Pico (Tp) 4.567 HORAS  
 Tiempo Base (Tb) 12.2 HORAS  
 Caudal Unitario Pico (q<sub>p</sub>) 1.748 M3/(s\*mm)

Total S=(1000CN)-10= 1 3.6367 80  
 PREC. EFEC. ACUM. = (PER. ACUM. ARRE. - 5.08\*S)/2 (PER. ACUM. ARRE. + 20.32\*S) 2.5009

Tempo	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	Hidrog. de Lluvia Elect M3/s
Prec. Arreglada (mm)	6.89	7.43	8.07	8.86	9.97	11.48	13.28	15.32	17.66	20.34	23.41	26.92	30.83	35.11	39.81	44.89	50.41	56.44	63.04	70.27	78.11	86.63	95.81	105.63	116.09	127.20
Prec. Acum. Are. (mm)	6.891	14.12	22.19	31.07	41.046	52.531	64.506	76.728	89.512	103.45	118.22	141.81	193.13	233.56	281.97	338.05	392.82	445.37	495.70	543.81	589.60	633.07	674.14	712.89	749.32	783.53
Prec. Efectiva (mm)	0	0	0	0	4.92	9.9528	15.984	25.54	34.521	44.744	53.988	70.027	90.196	117.42	141.66	162.99	181.42	200.85	220.28	234.31	245.50859	255.9	265.05	273.3	280.86	287.86
Prec. Efect. Parcial (mm)	0	0	0	0	4.92	5.0325	7.0317	8.1699	9.3666	10.223	11.641	13.841	20.17	47.501	28.658	17.62	13.534	12.7149	11.724	11.194399	10.389	9.1522	8.2498	7.5863	7.0035	
Hora																										
Unitario	0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37	0.41	0.45	0.49	0.53	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97
0.00	0.01	0.03	0.06	0.09	0.13	0.17																				







Tabla 6.1.5.2.5 Cálculo del Hidrograma de la Cuenca No.4. Periodo de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4.

Hidrograma de Caudal Máximo  
 Tiempo de Retorno 200 Años  
 Método Hidrograma Adimensional SCS  
 Cuenca No. 4

11.30 Frec. Área CN  
 Cobertura 0.762 8.61 86  
 Páizales Pobres Grupo A 0.0383 0.43 68  
 Páizales Pobres Grupo C 0.0885 1.01 38  
 Páizales Óptimos Grupo A 0.1102 1.25 74  
 Páizales Óptimos Grupo C 1 11.30 79.78  
 Total 2.534

S=(1000CN)-10<sup>5</sup>  
 PREC. EFEC. ACUM. = (PER. ACUM. ARRE. + 20.32)\*S

Tempo	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	Hora de																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Tempo	0.00	0.33	0.67	1.00	1.33	1.67	2.00	2.33	2.67	3.00	3.33	3.67	4.00	4.33	4.67	5.00	5.33	5.67	6.00	6.33	6.67	7.00	7.33	7.67	8.00	8.33	8.67	9.00	9.33	9.67	10.00	10.33	10.67	11.00	11.33	11.67	12.00	12.33	12.67	13.00	13.33	13.67	14.00	14.33	14.67	15.00	15.33	15.67																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
PREC. ARREGADA (mm)	6.89	7.43	8.07	8.88	9.97	10.67	10.86	11.48	12.42	12.78	13.83	15.71	22.60	51.31	30.43	18.41	14.07	13.18	12.57	12.09	11.52	11.21	10.72	10.50	9.39	8.45	7.73	7.16	6.69	6.33	6.07	5.81	5.55	5.29	5.03	4.77	4.51	4.25	4.00	3.74	3.48	3.22	2.96	2.70	2.44	2.18	1.92	1.66	1.40	1.14	0.88	0.62	0.36	0.10	0.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
PREC. ACUM. AREA. (mm)	6.89	14.12	22.19	31.07	41.05	51.72	62.68	74.16	85.94	98.38	111.1	125.1	140.6	158.2	187.3	204.98	218.6	231.4	243.589	255.4	266.6	277.5	288	298.3	307.5	315.8	323.4	330.4	337.3	344.2	351.1	358.0	364.9	371.8	378.7	385.6	392.5	399.4	406.3	413.2	420.1	427.0	433.9	440.8	447.7	454.6	461.5	468.4	475.3	482.2	489.1	496.0	502.9	509.8	516.7	523.6	530.5	537.4	544.3	551.2	558.1	565.0	571.9	578.8	585.7	592.6	599.5	606.4	613.3	620.2	627.1	634.0	640.9	647.8	654.7	661.6	668.5	675.4	682.3	689.2	696.1	703.0	709.9	716.8	723.7	730.6	737.5	744.4	751.3	758.2	765.1	772.0	778.9	785.8	792.7	799.6	806.5	813.4	820.3	827.2	834.1	841.0	847.9	854.8	861.7	868.6	875.5	882.4	889.3	896.2	903.1	910.0	916.9	923.8	930.7	937.6	944.5	951.4	958.3	965.2	972.1	979.0	985.9	992.8	999.7	1006.6	1013.5	1020.4	1027.3	1034.2	1041.1	1048.0	1054.9	1061.8	1068.7	1075.6	1082.5	1089.4	1096.3	1103.2	1110.1	1117.0	1123.9	1130.8	1137.7	1144.6	1151.5	1158.4	1165.3	1172.2	1179.1	1186.0	1192.9	1199.8	1206.7	1213.6	1220.5	1227.4	1234.3	1241.2	1248.1	1255.0	1261.9	1268.8	1275.7	1282.6	1289.5	1296.4	1303.3	1310.2	1317.1	1324.0	1330.9	1337.8	1344.7	1351.6	1358.5	1365.4	1372.3	1379.2	1386.1	1393.0	1400.0	1406.9	1413.8	1420.7	1427.6	1434.5	1441.4	1448.3	1455.2	1462.1	1469.0	1475.9	1482.8	1489.7	1496.6	1503.5	1510.4	1517.3	1524.2	1531.1	1538.0	1544.9	1551.8	1558.7	1565.6	1572.5	1579.4	1586.3	1593.2	1600.1	1607.0	1613.9	1620.8	1627.7	1634.6	1641.5	1648.4	1655.3	1662.2	1669.1	1676.0	1682.9	1689.8	1696.7	1703.6	1710.5	1717.4	1724.3	1731.2	1738.1	1745.0	1751.9	1758.8	1765.7	1772.6	1779.5	1786.4	1793.3	1800.2	1807.1	1814.0	1820.9	1827.8	1834.7	1841.6	1848.5	1855.4	1862.3	1869.2	1876.1	1883.0	1889.9	1896.8	1903.7	1910.6	1917.5	1924.4	1931.3	1938.2	1945.1	1952.0	1958.9	1965.8	1972.7	1979.6	1986.5	1993.4	2000.3	2007.2	2014.1	2021.0	2027.9	2034.8	2041.7	2048.6	2055.5	2062.4	2069.3	2076.2	2083.1	2090.0	2096.9	2103.8	2110.7	2117.6	2124.5	2131.4	2138.3	2145.2	2152.1	2159.0	2165.9	2172.8	2179.7	2186.6	2193.5	2200.4	2207.3	2214.2	2221.1	2228.0	2234.9	2241.8	2248.7	2255.6	2262.5	2269.4	2276.3	2283.2	2290.1	2297.0	2303.9	2310.8	2317.7	2324.6	2331.5	2338.4	2345.3	2352.2	2359.1	2366.0	2372.9	2379.8	2386.7	2393.6	2400.5	2407.4	2414.3	2421.2	2428.1	2435.0	2441.9	2448.8	2455.7	2462.6	2469.5	2476.4	2483.3	2490.2	2497.1	2504.0	2510.9	2517.8	2524.7	2531.6	2538.5	2545.4	2552.3	2559.2	2566.1	2573.0	2579.9	2586.8	2593.7	2600.6	2607.5	2614.4	2621.3	2628.2	2635.1	2642.0	2648.9	2655.8	2662.7	2669.6	2676.5	2683.4	2690.3	2697.2	2704.1	2711.0	2717.9	2724.8	2731.7	2738.6	2745.5	2752.4	2759.3	2766.2	2773.1	2780.0	2786.9	2793.8	2800.7	2807.6	2814.5	2821.4	2828.3	2835.2	2842.1	2849.0	2855.9	2862.8	2869.7	2876.6	2883.5	2890.4	2897.3	2904.2	2911.1	2918.0	2924.9	2931.8	2938.7	2945.6	2952.5	2959.4	2966.3	2973.2	2980.1	2987.0	2993.9	3000.8	3007.7	3014.6	3021.5	3028.4	3035.3	3042.2	3049.1	3056.0	3062.9	3069.8	3076.7	3083.6	3090.5	3097.4	3104.3	3111.2	3118.1	3125.0	3131.9	3138.8	3145.7	3152.6	3159.5	3166.4	3173.3	3180.2	3187.1	3194.0	3200.9	3207.8	3214.7	3221.6	3228.5	3235.4	3242.3	3249.2	3256.1	3263.0	3269.9	3276.8	3283.7	3290.6	3297.5	3304.4	3311.3	3318.2	3325.1	3332.0	3338.9	3345.8	3352.7	3359.6	3366.5	3373.4	3380.3	3387.2	3394.1	3401.0	3407.9	3414.8	3421.7	3428.6	3435.5	3442.4	3449.3	3456.2	3463.1	3470.0	3476.9	3483.8	3490.7	3497.6	3504.5	3511.4	3518.3	3525.2	3532.1	3539.0	3545.9	3552.8	3559.7	3566.6	3573.5	3580.4	3587.3	3594.2	3601.1	3608.0	3614.9	3621.8	3628.7	3635.6	3642.5	3649.4	3656.3	3663.2	3670.1	3677.0	3683.9	3690.8	3697.7	3704.6	3711.5	3718.4	3725.3	3732.2	3739.1	3746.0	3752.9	3759.8	3766.7	3773.6	3780.5	3787.4	3794.3	3801.2	3808.1	3815.0	3821.9	3828.8	3835.7	3842.6	3849.5	3856.4	3863.3	3870.2	3877.1	3884.0	3890.9	3897.8	3904.7	3911.6	3918.5	3925.4	3932.3	3939.2	3946.1	3953.0	3959.9	3966.8	3973.7	3980.6	3987.5	3994.4	4001.3	4008.2	4015.1	4022.0	4028.9	4035.8	4042.7	4049.6	4056.5	4063.4	4070.3	4077.2	4084.1	4091.0	4097.9	4104.8	4111.7	4118.6	4125.5	4132.4	4139.3	4146.2	4153.1	4160.0	4166.9	4173.8	4180.7	4187.6	4194.5	4201.4	4208.3	4215.2	4222.1	4229.0	4235.9	4242.8	4249.7	4256.6	4263.5	4270.4	4277.3	4284.2	4291.1	4298.0	4304.9	4311.8	4318.7	4325.6	4332.5	4339.4	4346.3	4353.2	4360.1	4367.0	4373.9	4380.8	4387.7	4394.6	4401.5	4408.4	4415.3	4422.2	4429.1	4436.0	4442.9	4449.8	4456.7	4463.6	4470.5	4477.4	4484.3	4491.2	4498.1	4505.0	4511.9	4518.8	4525.7	4532.6	4539.5	4546.4	4553.3	4560.2	4567.1	4574.0	4580.9	4587.8	4594.7	4601.6	4608.5	4615.4	4622.3	4629.2	4636.1	4643.0	4649.9	4656.8	4663.7	4670.6	4677.5	4684.4	4691.3	4698.2	4705.1	4712.0	4718.9	4725.8	4732.7	4739.6	4746.5	4753.4	4760.3	4767.2	4774.1	4781.0	4787.9	4794.8	4801.7	4808.6	4815.5	4822.4	4829.3	4836.2	4843.1	4850.0	4856.9	4863.8	4870.7	4877.6	4884.5	4891.4	4898.3	4905.2	4912.1	4919.0	4925.9	4932.8	4939.7	4946.6	4953.5	4960.4	4967.3	4974.2	4981.1	4988.0	4994.9	5001.8	5008.7	5015.6	5022.5	5029.4	5036.3	5043.2	5050.1	5057.0	5063.9	5070.8	5077.7	5084.6	5091.5	5098.4	5105.3	5112.2	5119.1	5126.0	5132.9	5139.8	5146.7	5153.6	5160.5	5167.4	5174.3	5181.2	5188.1	5195.0	5201.9	5208.8	5215.7	5222.6	5229.5	5236.4	5243.3	5250.2	5257.1	5264.0	5270.9	5277.8	5284.7	5291.6	5298.5	5305.4	5312.3	5319.2	5326.1	5333.0	5339.9	5346.8	5353.7	5360.6	5367.5	5374.4	5381.3	5388.2	5395.1	5402.0	5408.9	5415.8	5422.7	5429.6	5436.5	5443.4	5450.3	5457.2	5464.1	5471.0	5477.9	5484.8	5491.7	5498.6	5505.5	5512.4	5519.3	5526.2	5533.1	5540.0	5546.9	5553.8	5560.7	5567.6	5574.5	5581.4	5588.3	5595.2	5602.1	5609.0	5615.9	5622.8	5629.7	5636.6	5643.5	5650.4	5657.3	5664.2	5671.1	5678.0	5684.9	5691.8	5698.7	5705.6	5712.5	5719.4	5726.3	5733.2	5740.1	5747.0	5753.9	5760.8	5767.7	5774.6	5781.5	5788.4	5795.3	5802.2	5809.1	5816.0	5822.9	5829.8	5836.7	5843.6	5850.5	5857.4	5864.3	5871.2	5878.1	5885.0	5891.9	5898.8	5905.7	5912.6	5919.5	5926.4	5933.3	5940.2	5947.1	5954.0	5960.9	5967.8	5974.7	5981.6	5988.5	5995.4	6002.3	6009.2	6016.1	6023.0	6029.9	6036.8	6043.7	6050.6	6057.5	6064.4	6071.3	6078.2	6085.1	6092.0	6098.9	6105.8	6112.7	6119.6	6126.5	6133.4	6140.3	6147.2	6154.1	6161.0	6167.9	6174.8	6181.7	6188.6	6195.5	6202.4	6209.3	6216.2	6223.1	6230.0	6236.9	6243.8	6250.7	6257.6	



**Tabla 6.1.5.2.7 Cálculo del Hidrograma de la Cuenca No.6. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4.**

Hidrograma Unitario Triangular (S.C.S.)  
 2.65 DE LA CUENCA

Pendiente % (S)  
 3700 m

Longitud (L)  
 T. Concentración (Tc)  
 T. Retardo (tp)  
 Duración Efectiva (tr)  
 Tiempo Pico (Tp)  
 Tiempo Base (Tb)  
 Caudal Unitario Pico (qp)

2.25 HORAS  
 1.348 HORAS  
 2.998 HORAS  
 2.847 HORAS  
 7.602 HORAS  
 2.172 m³/(s\*mm)

2.97

Frac Area CN

0.6263 1.86 86

0.0841 0.25 68

0 0.00 39

0.2896 0.86 74

1 2.97 81

2.344

S=(1000/CN)-10=

PREC. EFEC. ACUM. = (PER. ACUM. ARRE. -5.08\*S)/2 (PER. ACUM. ARRE. + 20.32\*S)

Horas	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	Hidogr. de
Prec. Arreglada (mm)	7.16	7.73	8.45	9.39	10.67	12.57	15.77	22.60	51.31	30.43	18.41	13.93	11.52	9.97	8.88	8.07	7.43	6.91	Lluvia
Prec. Acum. Arre. (mm)	7.16	14.9	23.3	32.7	43.4	55.97	71.74	94.34	145.7	178.1	194.5	208.4	219.9	229.9	238.8	246.9	254.3	261.22	Efect.
Prec. Efectiva (mm)	0	0	0	5.67	11.3	19.28	30.68	48.72	93.68	121.7	139	152.2	163.1	172.6	181.1	188.9	196.03	202.69	M3/s
Prec. Efect. Parcial (mm)	0	0	0	5.67	5.631	7.985	11.4	18.04	44.95	28.05	17.26	13.17	10.95	9.518	8.507	7.746	7.1487	6.6642	
0.00	0	0	0	0.02	0.08	0.20	0.46	0.72	1.07	1.43	2.07	2.16	2.03	1.84	1.55	1.35	1.16	1.00	0.00
0.33	0	0	0	0.08	0.20	0.46	0.72	1.07	1.43	2.07	2.16	2.03	1.84	1.55	1.35	1.16	1.00	0.00	0.00
0.67	0	0	0	0.16	0.40	0.92	1.44	2.14	2.86	3.92	4.33	4.06	3.72	3.28	2.84	2.51	2.27	2.11	2.61
1.00	0	0	0	0.24	0.60	1.36	2.16	3.28	4.44	6.08	6.80	6.42	5.88	5.20	4.60	4.17	3.83	3.57	8.08
1.67	0	0	0	0.36	0.96	2.16	3.44	5.42	7.36	10.08	11.36	10.80	10.00	9.00	8.00	7.20	6.57	6.09	20.70
2.00	0	0	0	0.48	1.28	2.88	4.64	7.04	9.76	13.44	15.36	14.88	14.00	12.80	11.60	10.56	9.63	8.84	43.90
2.33	0	0	0	0.60	1.60	3.60	5.76	8.64	11.84	16.32	18.80	18.24	17.20	15.84	14.40	13.12	11.97	10.93	100.85
2.67	0	0	0	0.72	1.92	4.32	7.04	10.56	14.40	19.68	22.72	22.08	20.80	19.20	17.60	16.08	14.67	13.33	202.27
3.00	0	0	0	0.84	2.24	4.96	8.32	12.48	17.12	23.28	26.72	26.00	24.40	22.40	20.40	18.72	17.17	15.73	263.14
3.33	0	0	0	0.96	2.56	5.52	9.36	13.92	19.36	26.40	30.08	29.28	27.44	25.12	22.80	20.88	19.17	17.63	282.34
3.67	0	0	0	1.08	2.88	6.24	10.72	15.84	22.08	29.76	33.60	32.72	30.56	27.84	25.20	22.80	20.97	19.33	279.95
4.00	0	0	0	1.20	3.20	7.04	12.16	17.76	24.48	32.80	36.72	35.76	33.20	29.92	26.80	24.00	21.97	20.13	252.16
4.33	0	0	0	1.32	3.60	7.84	13.44	19.68	26.88	35.84	39.84	38.80	35.84	32.00	28.40	25.20	22.83	20.80	233.79
4.67	0	0	0	1.44	3.96	8.64	14.72	21.60	29.28	38.88	42.96	41.84	38.40	34.00	30.00	26.40	24.07	21.60	210.60
5.00	0	0	0	1.56	4.32	9.44	16.00	23.52	31.84	41.92	46.08	44.88	40.80	35.84	31.60	27.60	24.83	21.36	188.23
5.33	0	0	0	1.68	4.68	10.24	17.28	25.44	34.08	44.00	48.16	46.88	42.40	36.80	32.24	27.84	25.27	22.08	149.90
5.67	0	0	0	1.80	5.04	11.04	18.56	27.36	36.32	46.08	50.24	48.96	44.00	38.40	33.60	28.80	25.93	22.56	134.66
6.00	0	0	0	1.92	5.40	11.84	19.84	29.28	38.56	48.00	52.16	51.04	45.60	39.84	34.80	30.00	26.87	23.04	113.95
6.33	0	0	0	2.04	5.76	12.64	21.12	31.20	40.80	50.00	53.92	52.80	46.80	40.80	35.60	31.20	27.63	23.52	98.41
6.67	0	0	0	2.16	6.12	13.44	22.40	33.12	42.72	51.84	55.68	54.56	48.00	41.60	36.40	32.00	28.47	24.00	85.46
7.00	0	0	0	2.28	6.48	14.24	23.68	35.04	44.64	53.76	57.52	56.40	49.60	42.40	37.20	32.80	29.27	24.48	72.51
7.33	0	0	0	2.40	6.84	15.04	24.96	36.96	46.56	55.60	59.28	58.16	50.80	43.20	38.00	33.60	30.07	24.96	59.56
7.67	0	0	0	2.52	7.20	15.84	26.24	38.88	48.48	57.44	60.96	59.84	51.60	44.00	38.80	34.40	30.87	25.44	51.79
8.00	0	0	0	2.64	7.56	16.64	27.52	40.80	50.40	59.20	62.64	61.52	52.80	44.80	39.60	35.20	31.67	25.92	41.43
8.33	0	0	0	2.76	7.92	17.44	28.80	42.72	52.32	60.96	64.40	63.28	54.40	45.60	40.40	36.00	32.47	26.40	36.26
8.67	0	0	0	2.88	8.28	18.24	29.92	44.64	54.24	62.72	66.16	65.04	56.00	46.40	41.20	36.80	33.27	26.88	29.00
9.00	0	0	0	3.00	8.64	19.04	31.04	46.56	56.16	64.56	67.84	66.72	57.60	47.20	42.00	37.60	34.07	27.36	24.86
9.33	0	0	0	3.12	9.00	19.84	32.16	48.48	58.08	66.40	69.52	68.40	59.20	48.00	42.80	38.40	34.87	27.84	19.68
9.67	0	0	0	3.24	9.36	20.64	33.28	50.40	60.00	68.24	71.12	70.00	60.80	48.80	43.60	39.20	35.67	28.32	17.61



**Tabla 6.1.6.1.1 Valores de Área Inundada para difere**

Cota (m)	Nivel (m)	Area (km <sup>2</sup> )	Area (m <sup>2</sup> )
0.09	-1	3.19	3,190,000
0.59	-0.5	5.33	5,330,000
1.09	0	8.71	8,710,000
1.59	0.5	15.15	15,150,000
2.09	1	17.353	17,353,000
2.59	1.5	19.158	19,158,000

**Tabla 6.1.6.1.2 Valores de Área y Volumen de Almac**

Cotas (m)	Elevación (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Almacen. (m <sup>3</sup> )
1.59	0.00	15,150,025	0
1.69	0.10	16,095,445	1,562,274
1.79	0.20	16,791,954	3,206,643
1.89	0.30	17,220,041	4,907,243
1.99	0.40	17,390,980	6,637,794
2.09	0.50	17,353,300	8,375,008
2.19	0.60	17,199,276	10,102,637
2.29	0.70	17,071,402	11,816,171
2.39	0.80	17,168,878	13,528,185
2.49	0.90	17,754,086	15,274,333
2.59	1.00	19,159,075	17,119,991
2.69	1.10	21,792,040	19,167,547
2.79	1.20	26,143,802	21,564,339
2.89	1.30	32,794,292	24,511,244
2.99	1.40	42,419,028	28,271,910
3.09	1.50	55,795,600	33,182,641
3.19	1.60	73,810,148	39,662,928
3.29	1.70	97,463,844	48,226,628
3.39	1.80	127,879,374	59,493,789

**Tabla 6.1.6.2.1 Caudal de Salida de la Ciénaga Juan Gómez Condición Actual**

<b>Cotas (m)</b>	<b>Elevación (m)</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>
1.59	0.00	0.00
1.69	0.10	0.06
1.79	0.20	0.17
1.89	0.30	0.32
1.99	0.40	0.50
2.09	0.50	0.72
2.19	0.60	0.97
2.29	0.70	1.25
2.39	0.80	1.57
2.49	0.90	1.92
2.59	1.00	2.30
2.69	1.10	2.72
2.79	1.20	3.17
2.89	1.30	3.66
2.99	1.40	4.19
3.09	1.50	4.75
3.19	1.60	5.34
3.29	1.70	5.97
3.39	1.80	6.64
3.49	1.90	7.34
3.59	2.00	8.08
3.69	2.10	8.86
3.79	2.20	9.68
3.89	2.30	10.53
3.99	2.40	11.42
4.09	2.50	12.36



**Tabla 6.1.6.2.2 Caudal de Entrada del Canal del Dique**

Tiempo (min)	Cota (m)	Nivel (m)	Ancho (m)	H Cresta	u Sociedad	Q dique (m <sup>3</sup> /s)
0	2.7	2.9	8	0.3	0.867845376	19.73696187
20	2.706944	2.906944	8	0.3	0.867957853	19.8104612
40	2.713888	2.913888	8	0.3	0.868069869	19.88405317
60	2.720832	2.920832	8	0.3	0.868181427	19.95773764
80	2.727776	2.927776	8	0.3	0.86829253	20.03151451
100	2.73472	2.93472	8	0.3	0.868403181	20.10538365
120	2.741664	2.941664	8	0.3	0.868513382	20.17934495
140	2.748608	2.948608	8	0.3	0.868623136	20.2533983
160	2.755552	2.955552	8	0.3	0.868732446	20.32754359
180	2.762496	2.962496	8	0.3	0.868841315	20.40178069
200	2.76944	2.96944	8	0.3	0.868949745	20.4761095
220	2.776384	2.976384	8	0.3	0.869057739	20.55052989
240	2.783328	2.983328	8	0.3	0.869165299	20.62504177
260	2.790272	2.990272	8	0.3	0.869272428	20.69964501
280	2.797216	2.997216	8	0.3	0.869379129	20.77433951
300	2.80416	3.00416	8	0.3	0.869485404	20.84912515
320	2.811104	3.011104	8	0.3	0.869591255	20.92400182
340	2.818048	2.817733	8	0.3	0.866476757	18.87329058
360	2.824992	2.824677	8	0.3	0.866594915	18.94568353
380	2.831936	2.831621	8	0.3	0.866712577	19.01817052
400	2.83888	2.838565	8	0.3	0.866829746	19.09075143
420	2.845824	2.845509	8	0.3	0.866946425	19.16342614
440	2.852768	2.852453	8	0.3	0.867062618	19.23619452
460	2.852453	2.852138	8	0.3	0.867057358	19.23289151
480	2.852138	2.851823	8	0.3	0.867052096	19.22958869
500	2.851823	2.851508	8	0.3	0.867046834	19.22628607
520	2.851508	2.851193	8	0.3	0.867041571	19.22298363
540	2.851193	2.850878	8	0.3	0.867036306	19.21968139
560	2.850878	2.850563	8	0.3	0.867031041	19.21637934

Tabla 6.1.6.3.1 Valores de Caudal de Salida, Área y Volumen de Embalse para diferentes Niveles de Agua Alternativa 1

Cotas (m)	Elevación (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Área (m <sup>2</sup> )	Almacen. (m <sup>3</sup> )	u Sociedad Rectang	u Hegly Triang	u Total
1.59	0.00	0.00	15,150,025	0	0.000	0.000	0.000
1.69	0.10	0.06	16,095,445	1,562,274	0.649	0.619	0.665
1.79	0.20	0.17	16,791,954	3,206,643	0.631	0.600	0.662
1.89	0.30	0.32	17,220,041	4,907,243	0.627	0.594	0.673
1.99	0.40	0.50	17,390,980	6,637,794	0.627	0.591	0.688
2.09	0.50	0.72	17,353,300	8,375,008	0.629	0.589	0.706
2.19	0.60	0.97	17,199,276	10,102,637	0.632	0.580	0.723
2.29	0.70	1.25	17,071,402	11,816,171	0.637	0.580	0.742
2.39	0.80	1.57	17,168,878	13,528,185	0.641	0.580	0.761
2.49	0.90	1.92	17,754,086	15,274,333	0.645	0.580	0.781
2.59	1.00	2.30	19,159,075	17,119,991	0.650	0.580	0.800
2.69	1.10	2.72	21,792,040	19,167,547	0.654	0.580	0.820
2.79	1.20	3.17	26,143,802	21,564,339	0.659	0.580	0.839
2.89	1.30	3.66	32,794,292	24,511,244	0.663	0.580	0.859
2.99	1.40	4.19	42,419,028	28,271,910	0.668	0.580	0.878
3.09	1.50	4.75	55,795,600	33,182,641	0.672	0.580	0.897
3.19	1.60	5.34	73,810,148	39,662,928	0.676	0.580	0.917
3.29	1.70	5.97	97,463,844	48,226,628	0.680	0.580	0.936
3.39	1.80	6.64	127,879,374	59,493,789	0.684	0.580	0.955
3.49	1.90	7.34	166,307,416	74,203,128	0.688	0.580	0.974
3.59	2.00	8.08	214,133,125	93,225,155	0.692	0.580	0.993
3.69	2.10	8.86	272,882,610	117,575,942	0.696	0.580	1.012
3.79	2.20	9.68	344,229,418	148,431,544	0.700	0.580	1.030
3.89	2.30	10.53	430,001,014	187,143,065	0.703	0.580	1.049
3.99	2.40	11.42	532,185,260	235,252,379	0.707	0.580	1.068
4.09	2.50	12.36	652,936,900	294,508,487	0.710	0.580	1.086

**Tabla 6.1.6.3.2 Valores de Caudal de Salida, Área y Volumen de Embalse para diferentes Niveles de Agua Alternativa 2**

Cotas (m)	Elevación (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Área (m <sup>2</sup> )	Almacen. (m <sup>3</sup> )	u Sociedad Rectang	u Hegly Triang	u Total
1.59	0.00	0.00	15,150,025	0	0.000	0.000	0.000
1.69	0.10	0.18	16,095,445	1,562,274	0.649	0.619	0.665
1.79	0.20	0.50	16,791,954	3,206,643	0.631	0.600	0.662
1.89	0.30	0.91	17,220,041	4,907,243	0.627	0.594	0.673
1.99	0.40	1.41	17,390,980	6,637,794	0.627	0.591	0.688
2.09	0.50	2.00	17,353,300	8,375,008	0.629	0.589	0.706
2.19	0.60	2.66	17,199,276	10,102,637	0.632	0.580	0.723
2.29	0.70	3.40	17,071,402	11,816,171	0.637	0.580	0.742
2.39	0.80	4.21	17,168,878	13,528,185	0.641	0.580	0.761
2.49	0.90	5.09	17,754,086	15,274,333	0.645	0.580	0.781
2.59	1.00	6.04	19,159,075	17,119,991	0.650	0.580	0.800
2.69	1.10	7.07	21,792,040	19,167,547	0.654	0.580	0.820
2.79	1.20	8.16	26,143,802	21,564,339	0.659	0.580	0.839
2.89	1.30	9.32	32,794,292	24,511,244	0.663	0.580	0.859
2.99	1.40	10.55	42,419,028	28,271,910	0.668	0.580	0.878
3.09	1.50	11.85	55,795,600	33,182,641	0.672	0.580	0.897
3.19	1.60	13.22	73,810,148	39,662,928	0.676	0.580	0.917
3.29	1.70	14.65	97,463,844	48,226,628	0.680	0.580	0.936
3.39	1.80	16.15	127,879,374	59,493,789	0.684	0.580	0.955
3.49	1.90	17.72	166,307,416	74,203,128	0.688	0.580	0.974
3.59	2.00	19.35	214,133,125	93,225,155	0.692	0.580	0.993
3.69	2.10	21.05	272,882,610	117,575,942	0.696	0.580	1.012
3.79	2.20	22.82	344,229,418	148,431,544	0.700	0.580	1.030
3.89	2.30	24.65	430,001,014	187,143,065	0.703	0.580	1.049
3.99	2.40	26.55	532,185,260	235,252,379	0.707	0.580	1.068
4.09	2.50	28.52	652,936,900	294,508,487	0.710	0.580	1.086

Tabla 6.1.6.3.3 Valores de Caudal de Salida, Área y Volumen de Embalse para diferentes Niveles de Agua Alternativa 3

Cotas (m)	Elevación (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Área (m <sup>2</sup> )	Almacen. (m <sup>3</sup> )	u Sociedad Rectang	u Hegly Triang	u Total
1.59	0.00	0.00	15,150,025	0	0.000	0.000	0.000
1.69	0.10	0.11	16,095,445	1,562,274	0.649	0.619	0.658
1.79	0.20	0.31	16,791,954	3,206,643	0.631	0.600	0.648
1.89	0.30	0.57	17,220,041	4,907,243	0.627	0.594	0.652
1.99	0.40	0.89	17,390,980	6,637,794	0.627	0.591	0.660
2.09	0.50	1.26	17,353,300	8,375,008	0.629	0.589	0.671
2.19	0.60	1.68	17,199,276	10,102,637	0.632	0.580	0.681
2.29	0.70	2.16	17,071,402	11,816,171	0.637	0.580	0.694
2.39	0.80	2.68	17,168,878	13,528,185	0.641	0.580	0.706
2.49	0.90	3.26	17,754,086	15,274,333	0.645	0.580	0.719
2.59	1.00	3.88	19,159,075	17,119,991	0.650	0.580	0.731
2.69	1.10	4.56	21,792,040	19,167,547	0.654	0.580	0.744
2.79	1.20	5.28	26,143,802	21,564,339	0.659	0.580	0.757
2.89	1.30	6.05	32,794,292	24,511,244	0.663	0.580	0.769
2.99	1.40	6.87	42,419,028	28,271,910	0.668	0.580	0.782
3.09	1.50	7.74	55,795,600	33,182,641	0.672	0.580	0.794
3.19	1.60	8.66	73,810,148	39,662,928	0.676	0.580	0.807
3.29	1.70	9.63	97,463,844	48,226,628	0.680	0.580	0.819
3.39	1.80	10.65	127,879,374	59,493,789	0.684	0.580	0.831
3.49	1.90	11.72	166,307,416	74,203,128	0.688	0.580	0.843
3.59	2.00	12.84	214,133,125	93,225,155	0.692	0.580	0.855
3.69	2.10	14.01	272,882,610	117,575,942	0.696	0.580	0.867
3.79	2.20	15.22	344,229,418	148,431,544	0.700	0.580	0.879
3.89	2.30	16.49	430,001,014	187,143,065	0.703	0.580	0.891
3.99	2.40	17.81	532,185,260	235,252,379	0.707	0.580	0.902
4.09	2.50	19.17	652,936,900	294,508,487	0.710	0.580	0.914

TABLA 6.1.6.3.4 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 1

Dt (seg)= 1200

Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Caudal de entrada (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$\Delta H_3$	Profundidad (m)	Caudal de salida (m <sup>3</sup> /s)
0	0	0.00	-	-	-	0	0
20	1200	72.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	2400	82.81	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
60	3600	99.59	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
80	4800	123.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
100	6000	171.24	0.01	0.01	0.01	0.04	0.02
120	7200	257.86	0.01	0.02	0.02	0.05	0.03
140	8400	423.02	0.02	0.02	0.03	0.08	0.05
160	9600	826.85	0.03	0.04	0.05	0.13	0.09
180	10800	1106.37	0.06	0.07	0.07	0.20	0.17
200	12000	1100.32	0.08	0.08	0.08	0.27	0.28
220	13200	1158.51	0.08	0.08	0.08	0.35	0.41
240	14400	1128.40	0.08	0.08	0.08	0.43	0.57
260	15600	1133.80	0.08	0.08	0.08	0.51	0.74
280	16800	1298.00	0.08	0.08	0.09	0.59	0.95
300	18000	1381.01	0.09	0.09	0.09	0.69	1.21
320	19200	1360.48	0.10	0.10	0.10	0.78	1.52
340	20400	1319.97	0.10	0.09	0.09	0.88	1.83
360	21600	1311.68	0.09	0.09	0.09	0.96	2.16
380	22800	1314.23	0.08	0.08	0.08	1.04	2.49
400	24000	1291.13	0.08	0.07	0.07	1.12	2.80
420	25200	1252.36	0.07	0.06	0.06	1.18	3.09
440	26400	1189.95	0.06	0.06	0.05	1.24	3.35
460	27600	1161.12	0.05	0.05	0.05	1.28	3.58
480	28800	1066.31	0.04	0.04	0.04	1.32	3.78
500	30000	1007.68	0.04	0.03	0.03	1.36	3.96
520	31200	943.14	0.03	0.03	0.03	1.39	4.11
540	32400	903.98	0.03	0.03	0.03	1.41	4.25
560	33600	844.67	0.02	0.02	0.02	1.43	4.38
580	34800	781.09	0.02	0.02	0.02	1.45	4.49
600	36000	720.35	0.02	0.02	0.02	1.47	4.59
620	37200	671.17	0.02	0.02	0.02	1.49	4.68
640	38400	627.66	0.01	0.01	0.01	1.50	4.76
660	39600	562.59	0.01	0.01	0.01	1.51	4.83
680	40800	541.58	0.01	0.01	0.01	1.53	4.90
700	42000	483.11	0.01	0.01	0.01	1.54	4.96

TABLA 6.1.6.3.4 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 1

Dt (seg)= 1200

Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Caudal de entrada (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta H1$	$\Delta H2$	$\Delta H3$	Profundidad (m)	Caudal de salida (m <sup>3</sup> /s)
720	43200	449.35	0.01	0.01	0.01	1.54	5.01
740	44400	414.57	0.01	0.01	0.01	1.55	5.06
760	45600	380.27	0.01	0.01	0.01	1.56	5.10
780	46800	362.31	0.01	0.01	0.01	1.57	5.14
800	48000	328.50	0.01	0.01	0.01	1.57	5.17
820	49200	310.05	0.01	0.01	0.01	1.58	5.20
840	50400	284.44	0.01	0.01	0.00	1.58	5.23
860	51600	266.53	0.00	0.00	0.00	1.59	5.26
880	52800	240.91	0.00	0.00	0.00	1.59	5.29
900	54000	224.31	0.00	0.00	0.00	1.59	5.31
920	55200	200.51	0.00	0.00	0.00	1.60	5.33
940	56400	189.27	0.00	0.00	0.00	1.60	5.35
960	57600	176.62	0.00	0.00	0.00	1.60	5.37
980	58800	161.25	0.00	0.00	0.00	1.61	5.38
1000	60000	145.59	0.00	0.00	0.00	1.61	5.40

TABLA 6.1.6.3.5 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 2

Dt (seg)= 1200

Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Caudal de entrada (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$\Delta H_3$	Profundidad (m)	Caudal de salida (m <sup>3</sup> /s)
0	0	0.00	-	-	-	0	0
20	1200	72.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
40	2400	82.81	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
60	3600	99.59	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
80	4800	123.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.04
100	6000	171.24	0.01	0.01	0.01	0.04	0.06
120	7200	257.86	0.01	0.02	0.02	0.05	0.09
140	8400	423.02	0.02	0.02	0.03	0.08	0.14
160	9600	826.85	0.03	0.04	0.05	0.13	0.26
180	10800	1106.37	0.06	0.07	0.07	0.20	0.48
200	12000	1100.32	0.08	0.08	0.08	0.27	0.80
220	13200	1158.51	0.08	0.08	0.08	0.35	1.17
240	14400	1128.40	0.08	0.08	0.08	0.43	1.60
260	15600	1133.80	0.08	0.08	0.08	0.51	2.06
280	16800	1298.00	0.08	0.08	0.09	0.59	2.62
300	18000	1381.01	0.09	0.09	0.09	0.69	3.30
320	19200	1360.48	0.10	0.10	0.10	0.78	4.07
340	20400	1319.97	0.09	0.09	0.09	0.88	4.87
360	21600	1311.68	0.09	0.09	0.09	0.96	5.68
380	22800	1314.23	0.08	0.08	0.08	1.04	6.49
400	24000	1291.13	0.08	0.07	0.07	1.12	7.25
420	25200	1252.36	0.07	0.06	0.06	1.18	7.94
440	26400	1189.95	0.06	0.06	0.05	1.23	8.56
460	27600	1161.12	0.05	0.05	0.05	1.28	9.10
480	28800	1066.31	0.04	0.04	0.04	1.32	9.58
500	30000	1007.68	0.04	0.03	0.03	1.35	10.00
520	31200	943.14	0.03	0.03	0.03	1.38	10.36
540	32400	903.98	0.03	0.03	0.03	1.41	10.69
560	33600	844.67	0.02	0.02	0.02	1.43	10.98
580	34800	781.09	0.02	0.02	0.02	1.45	11.24
600	36000	720.35	0.02	0.02	0.02	1.47	11.47
620	37200	671.17	0.02	0.02	0.02	1.49	11.67
640	38400	627.66	0.01	0.01	0.01	1.50	11.85
660	39600	562.59	0.01	0.01	0.01	1.51	12.02
680	40800	541.58	0.01	0.01	0.01	1.52	12.17
700	42000	483.11	0.01	0.01	0.01	1.53	12.30

TABLA 6.1.6.3.5 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 2

Dt (seg)= 1200

Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Caudal de entrada (m3/s)	$\Delta H1$	$\Delta H2$	$\Delta H3$	Profundidad (m)	Caudal de salida (m3/s)
720	43200	449.35	0.01	0.01	0.01	1.54	12.42
740	44400	414.57	0.01	0.01	0.01	1.55	12.53
760	45600	380.27	0.01	0.01	0.01	1.56	12.63
780	46800	362.31	0.01	0.01	0.01	1.56	12.72
800	48000	328.50	0.01	0.01	0.01	1.57	12.80
820	49200	310.05	0.01	0.01	0.01	1.57	12.87
840	50400	284.44	0.01	0.00	0.00	1.58	12.94
860	51600	266.53	0.00	0.00	0.00	1.58	13.00
880	52800	240.91	0.00	0.00	0.00	1.59	13.05
900	54000	224.31	0.00	0.00	0.00	1.59	13.10
920	55200	200.51	0.00	0.00	0.00	1.59	13.15
940	56400	189.27	0.00	0.00	0.00	1.60	13.19
960	57600	176.62	0.00	0.00	0.00	1.60	13.23
980	58800	161.25	0.00	0.00	0.00	1.60	13.26
1000	60000	145.59	0.00	0.00	0.00	1.61	13.29



TABLA 6.1.6.3.6 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 3

Dt (seg)= 1200

Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Caudal de entrada (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta H_1$	$\Delta H_2$	$\Delta H_3$	Profundidad (m)	Caudal de salida (m <sup>3</sup> /s)
0	0	0.00	-	-	-	0	0
20	1200	72.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
40	2400	82.81	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
60	3600	99.59	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
80	4800	123.04	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
100	6000	171.24	0.01	0.01	0.01	0.04	0.04
120	7200	257.86	0.01	0.02	0.02	0.05	0.06
140	8400	423.02	0.02	0.02	0.03	0.08	0.09
160	9600	826.85	0.03	0.04	0.05	0.13	0.16
180	10800	1106.37	0.06	0.07	0.07	0.20	0.30
200	12000	1100.32	0.08	0.08	0.08	0.27	0.50
220	13200	1158.51	0.08	0.08	0.08	0.35	0.73
240	14400	1128.40	0.08	0.08	0.08	0.43	1.00
260	15600	1133.80	0.08	0.08	0.08	0.51	1.30
280	16800	1298.00	0.08	0.08	0.09	0.59	1.65
300	18000	1381.01	0.09	0.09	0.09	0.69	2.10
320	19200	1360.48	0.10	0.10	0.10	0.78	2.59
340	20400	1319.97	0.09	0.09	0.09	0.88	3.12
360	21600	1311.68	0.09	0.09	0.09	0.96	3.65
380	22800	1314.23	0.08	0.08	0.08	1.04	4.18
400	24000	1291.13	0.08	0.07	0.07	1.12	4.68
420	25200	1252.36	0.07	0.06	0.06	1.18	5.14
440	26400	1189.95	0.06	0.06	0.05	1.24	5.55
460	27600	1161.12	0.05	0.05	0.05	1.28	5.91
480	28800	1066.31	0.04	0.04	0.04	1.32	6.23
500	30000	1007.68	0.04	0.03	0.03	1.36	6.51
520	31200	943.14	0.03	0.03	0.03	1.39	6.75
540	32400	903.98	0.03	0.03	0.03	1.41	6.97
560	33600	844.67	0.02	0.02	0.02	1.43	7.17
580	34800	781.09	0.02	0.02	0.02	1.45	7.34
600	36000	720.35	0.02	0.02	0.02	1.47	7.50
620	37200	671.17	0.02	0.02	0.02	1.49	7.63
640	38400	627.66	0.01	0.01	0.01	1.50	7.76
660	39600	562.59	0.01	0.01	0.01	1.51	7.87
680	40800	541.58	0.01	0.01	0.01	1.52	7.97
700	42000	483.11	0.01	0.01	0.01	1.53	8.06

TABLA 6.1.6.3.6 Método de Runge-Kutta para el Tránsito de Crecientes Alternativa 3

Dt (seg)= 1200

Tiempo (min)	Tiempo (seg)	Caudal de entrada (m <sup>3</sup> /s)	$\Delta H1$	$\Delta H2$	$\Delta H3$	Profundidad (m)	Caudal de salida (m <sup>3</sup> /s)
720	43200	449.35	0.01	0.01	0.01	1.54	8.14
740	44400	414.57	0.01	0.01	0.01	1.55	8.21
760	45600	380.27	0.01	0.01	0.01	1.56	8.28
780	46800	362.31	0.01	0.01	0.01	1.56	8.34
800	48000	328.50	0.01	0.01	0.01	1.57	8.39
820	49200	310.05	0.01	0.01	0.01	1.58	8.44
840	50400	284.44	0.01	0.01	0.00	1.58	8.49
860	51600	266.53	0.00	0.00	0.00	1.59	8.53
880	52800	240.91	0.00	0.00	0.00	1.59	8.57
900	54000	224.31	0.00	0.00	0.00	1.59	8.60
920	55200	200.51	0.00	0.00	0.00	1.60	8.63
940	56400	189.27	0.00	0.00	0.00	1.60	8.66
960	57600	176.62	0.00	0.00	0.00	1.60	8.69
980	58800	161.25	0.00	0.00	0.00	1.61	8.71
1000	60000	145.59	0.00	0.00	0.00	1.61	8.74

TABLA No 6.2.4.1 DATOS DE ENTRADA (CONDICION INICIAL CON VEGETACION ESCASA)

Celda No	Matriz de caudales							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	41311639.95	0	0	0	0	0	0
2	-41311639.95	0	45285632.94	0	0	0	0	0
3	0	-45285632.94	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz de Difusión							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	1,800,987,584	0	0	0	0	0	0
2	-1,800,987,584	0	572255429.7	0	0	0	0	0
3	0	-572255429.7	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0

Temperatura (°K) 293.15 Caso 9.092426043 Val. Viento (m/s) 5  
 Salinidad (psu) 10 Cs (mg/l) 9.0915168

Celda No	Prof. m	Area m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	K1 DBO	k2 N-org	k3 N-NH3	k4 N-NH3	k5 NO3	k6 P-org	k7 Fosfato	k8 OD-NO3	k9 OD-NO2	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	Qe (m <sup>3</sup> /dia)	ka
1	1.30	6,926,000	9003800	0.243938307	2.69	5.7680271	1.00E-02	0.89431	0.04	0.02	0.001	0.0001	26733024	0	0.9812
2	1.95	7,160,000	13982000	0.03352621	0.018	24.71033	3.00E+00	1368.17	0.01	0.03	0.001	0.0001	46892736	0	0.6541
3	1.16	6,072,000	5892700.32	1.047096055	0.8	25.544877	0.05	987.428	0.01	0.04	0.001	0.0001	85158432	-487296	1.0379

CELDA	DBO (g/m <sup>3</sup> )	Nitotal (g/m <sup>3</sup> )	Fosfototal (g/m <sup>3</sup> )	AREA SUP (m <sup>2</sup> )	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
1	0.01	3.55	0.35	6928000	309.41
2	0.01	2.09	0.21	7160000	542.74
3	0.00	0.82	0.08	5072000	985.63

Carga de DBO	0.012	ton/ha/año
Carga de Nitrogeno	5	ton/ha/año
Carga de fosfor	0.5	ton/ha/año

TABLA No 6.2.4.2 DBO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1844494695	-1,759,675,944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-1224289800	-526969897	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896.7	-610883443	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	7.894E-06	-8.27393E-06	7.13739E-06						
2	8.27393E-06	-8.67275E-06	7.48142E-06						
3	7.13739E-06	-7.48142E-06	6.45211E-06						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (día-1)	Descarga (g/día)		W (g/m3)	C Conc.
			Caudal	Conc.		
1	9003800	0.243838307	26733024	0.01	227704.1096	1.04
2	13962000	0.033552621	46892736	0.01	235397.2603	1.09
3	5892700.32	1.047096055	85158432	0.00	166750.6849	0.94

TABLA No 6.2.4.3 NITRÓGENO ORGANICO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1866519446	-1,759,675,944	0						
2	1759675944	-1224506945	-526969896.7						
3	0	526969896.7	-612339506.3						
4									
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.71654E-08	-4.94609E-08	4.25652E-08						
2	4.94609E-08	-5.2464E-08	4.51497E-08						
3	4.25652E-08	-4.51497E-08	3.72221E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K2 (dia-1)	Descarga (g/dia)		C		
			Caudal	Conc.	W (g/m3)	Conc.	
1	9003800	2.69	26733024	3.30	8.8E+07	0.91	1.12
2	13962000	0.018	46892736	2.92	1.4E+08	0.92	0.78
3	5892700.32	0.8	85158432	0.98	8.3E+07	0.66	0.98

TABLA No 6.2.4.4 NITROGENO AMONIAICAL

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1894233367	-1,759,675,944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-879752633.9	-526969896.7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896.7	-466525363.4	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4.87654E-09	5.81772E-09	-6.57149E-09						
2	-5.81772E-09	6.26259E-09	-7.07399E-09						
3	-6.57149E-09	7.07399E-09	-1.0134E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K3 (día-1)	Descarga (g/día)		C	
			Caudal	Conc.	W (g/m3)	Conc.
1	9003800	5.768027123	26733024	0.03	884326	0.21
2	13962000	24.71033	46892736	0.03	4E+07	0.23
3	5892700.32	25.54487672	85158432	0.03	2748008	0.25

TABLA No 6.2.4.6 NITRITO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850351395	-1,759,675,944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	17877575348	-526969896.7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896.7	5201554620	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.94306E-10	4.85093E-11	4.91448E-12						
2	-4.85093E-11	5.10089E-11	5.16772E-12						
3	4.91448E-12	-5.16772E-12	1.91727E-10						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K5 (dia-1)	Descarga (g/día)		
			Caudal	Conc.	W (g/m3)
1	9003800	0.894308109	26733024	1.26	4.5E+07
2	13962000	1368.165994	46892736	0	7.8E+07
3	5892700.32	987.4264719	85158432	0	3.7E+07

TABLA No 6.2.4.6 NITRATO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1853842488	-1,759,675,944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-1220517231	-526969896.7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896.7	-609856331.1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.62202E-07	-1.70313E-07	1.47166E-07						
2	1.70313E-07	-1.79427E-07	1.55041E-07						
3	1.47166E-07	-1.55041E-07	1.3233E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (dia-1)	Descarga (g/día)		W (g/m3)	C Conc.
			Caudal	Conc.		
1	9003800	1.282043614	26733024	3.69	9.9E+07	3.18
2	13962000	0.30375522	46892736	3.69	2.1E+08	3.30
3	5892700.32	1.22139852	85158432	3.69	3.5E+08	2.72



TABLA No 6.2.4.7 OXIGENO DISUELTTO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1851133879	-1,759,675,944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-1215625121	-526969896.7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896.7	-610583933.6	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
1	-3.91414E-07	4.12326E-07	-3.55862E-07	0	0	0	0	0	0
2	-4.12326E-07	4.33757E-07	-3.74357E-07	0	0	0	0	0	0
3	-3.55862E-07	3.74357E-07	-3.2473E-07	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Volumen (m3)	Ka (dia-1)	Caudal	Descarga (g/día) Conc.	W	C (g/m3)	Conc
1	9003800	0.981214059	26733024	0.10	80707330.1	5.26	3.86
2	13962000	0.654142706	46892736	1.16	136874145	5.49	5.30
3	5892700.32	1.097923306	85158432	0.02	55040304.67	4.65	6.11

Tabla 6.3.3.1 Velocidades en el Vertedero de Entrada Canal Conejos-Juan Gomez

Cota (m)	Elevación (m)	b Vert (m)	w Vert (m)	u Sociedad	Q entrada (m3/s)	Velocidad (m/s)
-0.20	0.00	8.00	0.30	1.00	0.00	0.00
-0.10	0.10	8.00	0.30	0.64	0.09	0.12
0.00	0.20	8.00	0.30	0.67	0.27	0.17
0.10	0.30	8.00	0.30	0.69	0.53	0.22
0.20	0.40	8.00	0.30	0.72	0.84	0.26
0.30	0.50	8.00	0.30	0.74	1.20	0.30
0.40	0.60	8.00	0.30	0.75	1.61	0.34
0.50	0.70	8.00	0.30	0.77	2.07	0.37
0.60	0.80	8.00	0.30	0.78	2.57	0.40
0.70	0.90	8.00	0.30	0.79	3.10	0.43
0.80	1.00	8.00	0.30	0.80	3.67	0.46
0.90	1.10	8.00	0.30	0.81	4.28	0.49
1.00	1.20	8.00	0.30	0.81	4.92	0.51
1.10	1.30	8.00	0.30	0.82	5.59	0.54
1.20	1.40	8.00	0.30	0.82	6.29	0.56
1.30	1.50	8.00	0.30	0.83	7.01	0.58
1.40	1.60	8.00	0.30	0.83	7.77	0.61
1.50	1.70	8.00	0.30	0.84	8.55	0.63
1.60	1.80	8.00	0.30	0.84	9.36	0.65
1.70	1.90	8.00	0.30	0.84	10.19	0.67
1.80	2.00	8.00	0.30	0.85	11.04	0.69
1.90	2.10	8.00	0.30	0.85	11.92	0.71
2.00	2.20	8.00	0.30	0.85	12.83	0.73
2.10	2.30	8.00	0.30	0.86	13.75	0.75
2.20	2.40	8.00	0.30	0.86	14.70	0.77
2.30	2.50	8.00	0.30	0.86	15.66	0.78
2.40	2.60	8.00	0.30	0.86	16.65	0.80
2.50	2.70	8.00	0.30	0.86	17.66	0.82
2.60	2.80	8.00	0.30	0.87	18.69	0.83
2.70	2.90	8.00	0.30	0.87	19.74	0.85
2.80	3.00	8.00	0.30	0.87	20.80	0.87
2.90	3.10	8.00	0.30	0.87	21.89	0.88
3.00	3.20	8.00	0.30	0.87	23.00	0.90
3.10	3.30	8.00	0.30	0.87	24.12	0.91
3.20	3.40	8.00	0.30	0.87	25.26	0.93
3.30	3.50	8.00	0.30	0.88	26.42	0.94
3.40	3.60	8.00	0.30	0.88	27.59	0.96
3.50	3.70	8.00	0.30	0.88	28.79	0.97

Tabla 6.3.3.2 Velocidades en los Vertederos de Salida de la Ciénaga Juan Gómez Alternati

Cotas (m)	Elevación (m)	Caudal J. G. (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Boh (m <sup>3</sup> /s)	Vel. J. G. (m/s)	Vel. Bohor (m/s)	u Sociedad Rectang	u Hegly Triang	u Total J. G.
1.59	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.69	0.10	0.06	0.000	0.09	0.00	0.65	0.62	0.67
1.79	0.20	0.17	0.000	0.13	0.00	0.63	0.60	0.66
1.89	0.30	0.32	0.000	0.16	0.00	0.63	0.59	0.67
1.99	0.40	0.50	0.000	0.19	0.00	0.63	0.59	0.69
2.09	0.50	0.72	0.000	0.22	0.00	0.63	0.59	0.71
2.19	0.60	0.97	0.000	0.25	0.00	0.63	0.58	0.72
2.29	0.70	1.25	0.000	0.27	0.00	0.64	0.58	0.74
2.39	0.80	1.57	0.000	0.30	0.00	0.64	0.58	0.76
2.49	0.90	1.92	0.000	0.33	0.00	0.65	0.58	0.78
2.59	1.00	2.30	0.000	0.35	0.00	0.65	0.58	0.80
2.69	1.10	2.72	0.000	0.38	0.00	0.65	0.58	0.82
2.79	1.20	3.17	0.000	0.41	0.00	0.66	0.58	0.84
2.89	1.30	3.66	0.000	0.43	0.00	0.66	0.58	0.86
2.99	1.40	4.19	0.000	0.46	0.00	0.67	0.58	0.88
3.09	1.50	4.75	0.000	0.49	0.00	0.67	0.58	0.90
3.19	1.60	5.34	0.000	0.51	0.00	0.68	0.58	0.92
3.29	1.70	5.97	0.000	0.54	0.00	0.68	0.58	0.94
3.39	1.80	6.64	0.000	0.57	0.00	0.68	0.58	0.95
3.49	1.90	7.34	0.000	0.59	0.00	0.69	0.58	0.97
3.59	2.00	8.08	0.000	0.62	0.00	0.69	0.58	0.99
3.69	2.10	8.86	0.000	0.65	0.00	0.70	0.58	1.01
3.79	2.20	9.68	0.000	0.68	0.00	0.70	0.58	1.03
3.89	2.30	10.53	0.000	0.70	0.00	0.70	0.58	1.05
3.99	2.40	11.42	0.000	0.73	0.00	0.71	0.58	1.07
4.09	2.50	12.36	0.000	0.76	0.00	0.71	0.58	1.09

Tabla 6.3.3.3 Velocidades en los Vertederos de Salida Ciénaga Juan Gómez Alternativa 2

Cotas (m)	Elevación (m)	Caudal J. G. (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Boh (m <sup>3</sup> /s)	Vel. J. G. (m/s)	Vel. Bohor (m/s)	u Sociedad Rectang	u Hegly Triang	u Total J. G.
1.59	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.69	0.10	0.06	0.118	0.09	0.24	0.65	0.62	0.67
1.79	0.20	0.17	0.325	0.13	0.32	0.63	0.60	0.66
1.89	0.30	0.32	0.593	0.16	0.40	0.63	0.59	0.67
1.99	0.40	0.50	0.913	0.19	0.46	0.63	0.59	0.69
2.09	0.50	0.72	1.281	0.22	0.51	0.63	0.59	0.71
2.19	0.60	0.97	1.692	0.25	0.56	0.63	0.58	0.72
2.29	0.70	1.25	2.146	0.27	0.61	0.64	0.58	0.74
2.39	0.80	1.57	2.640	0.30	0.66	0.64	0.58	0.76
2.49	0.90	1.92	3.172	0.33	0.70	0.65	0.58	0.78
2.59	1.00	2.30	3.741	0.35	0.75	0.65	0.58	0.80
2.69	1.10	2.72	4.345	0.38	0.79	0.65	0.58	0.82
2.79	1.20	3.17	4.985	0.41	0.83	0.66	0.58	0.84
2.89	1.30	3.66	5.659	0.43	0.87	0.66	0.58	0.86
2.99	1.40	4.19	6.366	0.46	0.91	0.67	0.58	0.88
3.09	1.50	4.75	7.106	0.49	0.95	0.67	0.58	0.90
3.19	1.60	5.34	7.877	0.51	0.98	0.68	0.58	0.92
3.29	1.70	5.97	8.680	0.54	1.02	0.68	0.58	0.94
3.39	1.80	6.64	9.514	0.57	1.06	0.68	0.58	0.95
3.49	1.90	7.34	10.377	0.59	1.09	0.69	0.58	0.97
3.59	2.00	8.08	11.270	0.62	1.13	0.69	0.58	0.99
3.69	2.10	8.86	12.192	0.65	1.16	0.70	0.58	1.01
3.79	2.20	9.68	13.143	0.68	1.19	0.70	0.58	1.03
3.89	2.30	10.53	14.121	0.70	1.23	0.70	0.58	1.05
3.99	2.40	11.42	15.127	0.73	1.26	0.71	0.58	1.07
4.09	2.50	12.36	16.160	0.76	1.29	0.71	0.58	1.09

**Tabla 6.3.3.4 Velocidades en los Vertederos de Salida Ciénaga Juan Gómez Alternativa 3**

Cotas (m)	Elevación (m)	Caudal J. G. (m <sup>3</sup> /s)	Caudal Boh (m <sup>3</sup> /s)	Vel. J. G. (m/s)	Vel. Bohor (m/s)	u Sociedad Rectang	u Hegly Triang	u Total J. G.
1.59	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.69	0.10	0.11	0.000	0.10	0.00	0.65	0.62	0.66
1.79	0.20	0.31	0.000	0.14	0.00	0.63	0.60	0.65
1.89	0.30	0.57	0.000	0.17	0.00	0.63	0.59	0.65
1.99	0.40	0.88	0.000	0.20	0.00	0.63	0.59	0.66
2.09	0.50	1.26	0.000	0.22	0.00	0.63	0.59	0.67
2.19	0.60	1.68	0.000	0.25	0.00	0.63	0.58	0.68
2.29	0.70	2.15	0.000	0.27	0.00	0.64	0.58	0.69
2.39	0.80	2.68	0.000	0.30	0.00	0.64	0.58	0.71
2.49	0.90	3.25	0.000	0.32	0.00	0.65	0.58	0.72
2.59	1.00	3.87	0.000	0.35	0.00	0.65	0.58	0.73
2.69	1.10	4.55	0.000	0.37	0.00	0.65	0.58	0.74
2.79	1.20	5.27	0.000	0.39	0.00	0.66	0.58	0.76
2.89	1.30	6.04	0.000	0.41	0.00	0.66	0.58	0.77
2.99	1.40	6.86	0.000	0.44	0.00	0.67	0.58	0.78
3.09	1.50	7.73	0.000	0.46	0.00	0.67	0.58	0.79
3.19	1.60	8.65	0.000	0.48	0.00	0.68	0.58	0.81
3.29	1.70	9.62	0.000	0.50	0.00	0.68	0.58	0.82
3.39	1.80	10.63	0.000	0.53	0.00	0.68	0.58	0.83
3.49	1.90	11.70	0.000	0.55	0.00	0.69	0.58	0.84
3.59	2.00	12.82	0.000	0.57	0.00	0.69	0.58	0.86
3.69	2.10	13.98	0.000	0.59	0.00	0.70	0.58	0.87
3.79	2.20	15.20	0.000	0.62	0.00	0.70	0.58	0.88
3.89	2.30	16.46	0.000	0.64	0.00	0.70	0.58	0.89
3.99	2.40	17.78	0.000	0.66	0.00	0.71	0.58	0.90
4.09	2.50	19.14	0.000	0.68	0.00	0.71	0.58	0.91

Tabla 7.2.1 ENFERMEDADES TRANSMISIBLES POR EL AGUA (27)			
ENFERMEDAD	ORGANISMO CAUSANTE	FUENTE DEL ORGANISMO EN EL AGUA	SINTOMA
Gastroenteritis	Salmonella	Excrementos humanos o de animales	Diarrea aguda y vomito
Tifoidea	Salmonella typhosa	Excrementos humanos	Intestino inflamado, bazo agrandado, alta temp.
Disenteria	Shigella	Excrementos humanos	Diarrea
Cólera	Vibro comma	Excrementos humanos	Vomito, diarrea severa
Hepatitis infecciosa	Virus	Excrementos humanos mariscos	piel amarilla, dolores
Amibiasis	Entamoeba hystolitica	Excrementos humanos	Diarrea, disenteria crónica
Giardiasis	Giardia lamblia	Excrementos humanos o de animales	Diarrea, retortijones

TABLA No 7.2.2.1 DATOS DE ENTRADA (CONDICION No 2 CON VEGETACION ESCASA)

Celda No	Matriz de caudales	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	41164998.31	0	0	0	0	0	0	0
2	-41164998.31	0	44845518.58	0	0	0	0	0	0
3	0	-44845518.58	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz de Difusion	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1,800,987,584	0	0	0	0	0	0	0
2	-1,800,987,584	0	572255429.7	0	0	0	0	0	0
3	0	-572255429.7	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Temperatura (oK) 293.15 Cso 9.092426043 Vel. viento (m/s) 5  
 Salinidad (psu) 10 Cs (mg/l) 9.0915168

Celda No	Prof. m	Area m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	K1 DBO	K2 N-org	K3 N-NH3	K4 N-NH3	K5 NO3	K6 P-org	K7 Fosfato	K8 OD-NO3	K9 OD-NO2	Caudal (m <sup>3</sup> /dia)	Qe (m <sup>3</sup> /dia)	ka
1	1.30	6,926,000	9003800	0.24383807	2.69	5.7680271	1.00E-02	0.88431	0.04	0.02	0.001	0.0001	26733024	0	0.9812
2	1.95	7,160,000	13962000	0.03355262	0.018	24.71033	3.00E+00	1368.17	0.01	0.03	0.001	0.0001	46882736	0	0.6541
3	1.16	5,072,000	5892700.32	1.047096055	0.8	25.544877	0.05	987.426	0.01	0.04	0.001	0.0001	85158432	-1660608	1.0979
4															

CELDA	DBO (g/m <sup>3</sup> )	N total (g/m <sup>3</sup> )	Fosf total (g/m <sup>3</sup> )	AREA SUP (m <sup>2</sup> )	CAUDAL (m <sup>3</sup> /e)
1	0.01	3.55	0.35	6926000	309.41
2	0.01	2.08	0.21	7160000	542.74
3	0.00	0.82	0.08	5072000	985.63

Carga de DBO	0.012	ton/ha/año
Carga de Nitrogeno	5	ton/ha/año
Carga de fosfor	0.5	ton/ha/año

TABLA No 7.2.2.2 MODULO DBO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1844348051	-1,759,822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-1224583172	-527409911	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911.1	-609270117	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.6492E-07	-4.86682E-07	4.21293E-07						
2	4.86682E-07	-5.10058E-07	4.41528E-07						
3	4.21293E-07	-4.41528E-07	3.80564E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (día-1)	Caudal	Descarga (g/día)		W	C (g/m3)	Conc.
				Conc.				
1	9003800	0.24383807	26733024	0.01	227704.1096	0.05	0.05	1.04
2	13962000	0.03355262	46892736	0.01	235397.2603	0.05	0.05	1.09
3	5892700.32	1.047096055	85158432	0.00	166750.6849	0.05	0.05	0.94



TABLA No 7.2.2.3 NITROGENO ORGANICO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1666372604	-1,759,822,586	0						
2	1759822586	-1224800318	-527409911.1						
3	0	527409911.1	-610726180						
4									
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.30657E-08	-4.51049E-08	3.89516E-08						
2	4.51049E-08	-4.78358E-08	4.131E-08						
3	3.89516E-08	-4.131E-08	3.4037E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K2 (día-1)	Descarga (g/día)		C		
			Caudal	Conc.	W (g/m3)	Conc.	
1	9003800	2.69	26733024	3.30	8.8E+07	0.85	1.12
2	13962000	0.018	46892736	2.92	1.4E+08	0.85	0.78
3	5892700.32	0.8	85158432	0.98	8.3E+07	0.60	0.98

TABLA No 7.2.2.4 NITROGENO AMONIAICAL

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1894086745	-1,759,822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-880046006.6	-527409911.1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911.1	-464912035.4	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4.98027E-09	5.92848E-09	-6.72544E-09						
2	-5.92848E-09	6.38079E-09	-7.23855E-09						
3	-6.72544E-09	7.23855E-09	-1.03626E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K3 (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m3)	C (g/m3)	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	5.7680271	26733024	0.03	878515	0.20	0.21
2	13962000	24.71033	46892736	0.03	3.7E+07	0.21	0.23
3	5892700.32	25.544877	85158432	0.03	2731258	0.23	0.25

TABLA No 7.2.2.6 NITRITO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850204771	-1,759,822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	17877337906	-527409911.1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911.1	5203165166	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.94334E-10	4.85166E-11	4.9178E-12						
2	-4.85166E-11	5.10083E-11	5.17037E-12						
3	4.9178E-12	-5.17037E-12	1.91667E-10						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K5 (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m3)	C
			Caudal	Conc.		
1	9003800	0.89431	26733024	1.26	4.4E+07	0.026
2	13962000	1368.17	46892736	0	7.3E+07	0.002
3	5892700.32	987.426	85158432	0	3.5E+07	0.007

TABLA No 7.2.2.6 NITRATO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1853695847	-1,759,822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-1220810604	-527409911.1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911.1	-608243004.8	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.21897E-07	-1.27831E-07	1.10843E-07						
2	1.27831E-07	-1.3465E-07	1.16756E-07						
3	1.10843E-07	-1.16756E-07	9.95953E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m3)	C Conc.
			Caudal	Conc.		
1	9003800	1.282043614	26733024	3.69	9.9E+07	2.43
2	13962000	0.30375522	46892736	3.69	2.1E+08	2.51
3	5892700.32	1.22139852	85158432	3.69	3.5E+08	2.04

TABLA No 7.2.2.7 OXIGENO DISUELTO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850987237	-1,759,822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-1215918494	-527409911.1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911.1	-608970607.2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-1.97886E-06	2.08194E-06	-1.8031E-06						
2	-2.08194E-06	2.18979E-06	-1.89651E-06						
3	-1.8031E-06	1.89651E-06	-1.64414E-06						
4									

Celda No	Volumen (m3)	Ka (dia-1)	Caudal	Descarga (g/día)		W	C (g/m3)	Conc
				Conc.	Conc.			
1	9003800	0.981214059	26733024	0.10	82880034.52	12.77	3.86	
2	13962000	0.654142706	46892736	1.16	137361050.7	13.39	5.3	
3	5892700.32	1.097923306	85158432	0.02	60559401.13	11.50	6.11	

DATOS

TABLA No 7.2.2.8 DATOS DE ENTRADA (CONDICION No 3 CON VEGETACION ESCASA)

Celda No	Matriz de caudales								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	-41272441.93	0	0	0	0	0	0	0
2	-41272441.93	0	45167914.96	0	0	0	0	0	0
3	0	-45167914.96	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz de Difusión								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1,800,987,564	0	0	0	0	0	0	0
2	-1,800,987,564	0	572255429.7	0	0	0	0	0	0
3	0	-572255429.7	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Temperatura (°K) 293.15 Cso 9.092426 Vel viento (m/s) 5  
 Salinidad (psu) 10 Cs (mg/l) 9.0915168

Celda No	Prof. m	Area m <sup>2</sup>	Volumen m <sup>3</sup>	K1 DBO	K2 N-org	K3 N-NH3	K4 N-NH3	K5 NO3	K6 P-org	Fosforo k7	OD-NO3 k8	OD-NO2 k9	Caudal (m <sup>3</sup> /día) Qs	ka
1	1.30	6,926,000	9003800	0.243838307	2.69	5.7680271	1.00E+02	0.8843	0.04	0.02	0.001	0.0001	26733024	0
2	1.95	7,160,000	13982000	0.003355262	0.018	24.71033	3.00E+00	1368.2	0.01	0.03	0.001	0.0001	46892736	0
3	1.16	5,072,000	5892700.32	1.047096055	0.8	25.5449	0.05	987.43	0.01	0.04	0.001	0.0001	85158432	-1660608
4														1 097923306

CELDA	DBO (g/m <sup>3</sup> )	N total (g/m <sup>3</sup> )	Fosf total (g/m <sup>3</sup> )	AREA SUP (m <sup>2</sup> )	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
1	0.01	3.55	0.35	6826000	309.41
2	0.01	2.09	0.21	7160000	542.74
3	0.00	0.82	0.08	5072000	985.63

TABLA No 7.2.2.3 DBO

		Matriz de Convergencia								
Celda No		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1844455497	-1.759715.142	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1224789835	-527087515	0	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514.7	-609592513	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Matriz Inversa								
Celda No		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5.45289E-07	-5.7098E-07	4.93701E-07							
2	5.7098E-07	-5.98476E-07	5.17475E-07							
3	4.93701E-07	-5.17475E-07	4.45797E-07							
4										

Celda No	Volumen (m3)	K (dia-1)	Caudal	Descarga (g/día) Conc.	W (g/m3)	C Conc.
1	9003800	0.243838307	26733024	0.01 227704.1086	0.07	1.04
2	13962000	0.003335262	46892736	0.01 235397.2603	0.08	1.09
3	5892700.32	1.047096055	85158432	0.00 166750.6849	0.06	0.94

TABLA No 7.2.2.10 NITROGENO ORGANICO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1866480248	-1,759,715,142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1224585365	-527087514.7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514.7	-611048576.4	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.45581E-08	-4.66932E-08	4.02773E-08	0	0	0	0	0	0
2	4.66932E-08	-4.95262E-08	4.2721E-08	0	0	0	0	0	0
3	4.02773E-08	-4.2721E-08	3.52144E-08	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Volumen (m3)	K2 (dia-1)	Descarga (g/día)			Conc. (g/m3)
			Caudal	Conc.	W	
1	9003800	2.69	26733024	3.30	8.8E+07	0.87
2	13962000	0.018	46892736	2.92	1.4E+08	0.88
3	5892700.32	0.8	85158432	0.98	8.3E+07	0.62



TABLA No 7.2.2.11 NITROGENO AMONIAICAL

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1894194188	-1,759,715,142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-879831053.8	-527087514.7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514.7	-465234296.2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4.94174E-09	5.88767E-09	-6.67043E-09						
2	-5.88767E-09	6.33761E-09	-7.1802E-09						
3	-6.67043E-09	7.1802E-09	-1.02843E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K3 (dia-1)	Descarga (g/día)		C		
			Caudal	Conc.	W	(g/m3) Conc.	
1	9003800	5.768027123	26733024	0.03	880675	0.20	0.21
2	13962000	24.71033	46892736	0.03	3.8E+07	0.22	0.23
3	5892700.32	25.5449	85158432	0.03	2737526	0.24	0.25

TABLA No 7.2.2.12 NITRITO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850312124	-1,759,715,142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	17877971719	-527087514.7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514.7	5202866340	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.94314E-10	4.85101E-11	4.91442E-12						
2	-4.85101E-11	5.10076E-11	5.16743E-12						
3	4.91442E-12	-5.16743E-12	1.91678E-10						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K5 (dla-1)	Descarga (g/dla)		C (g/m3)
			Caudal	Conc.	
1	9003800	0.8943	26733024	1.26	4.4E+07
2	13962000	1368.2	46892736	0	7.5E+07
3	5892700.32	987.43	85158432	0	3.6E+07

TABLA No 7.2.2.13 NITRATO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1853803290	-1,759,715,142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1220595651	-527087514.7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514.7	-608565401.2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.34795E-07	-1.41434E-07	1.22498E-07						
2	1.41434E-07	-1.48996E-07	1.29047E-07						
3	1.22498E-07	-1.29047E-07	1.10127E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (día-1)	Descarga (g/día)		W (g/m3)	C (g/m3)	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	1.282043614	26733024	3.69	9.9E+07	2.67	4.01
2	13962000	0.30375522	46892736	3.69	2.1E+08	2.77	2.46
3	5892700.32	1.22139852	85158432	3.69	3.5E+08	2.26	3.24

TABLA No 7.2.2.14 OXIGENO DISUELTO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1851094681	-1,759,715,142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1215703541	-527087514.7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514.7	-609293003.6	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-7.71939E-07	8.12593E-07	-7.02958E-07						
2	-8.12593E-07	8.54789E-07	-7.39462E-07						
3	-7.02958E-07	7.39462E-07	-6.41335E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	Ka (dia-1)	Caudal	Descarga (g/dia)		C (g/m3)	
				Conc.	W	Conc	W
1	9003800	0.981214059	26733024	0.1	82832824.99	5.22	3.86
2	13962000	0.654142706	46892736	1.16	137422251.9	5.45	5.30
3	5892700.32	1.097923306	85158432	0.024	60461408.24	4.61	6.11

TABLA No 7.2.3.1 DATOS DE ENTRADA (CONDICION No 4 REFORESTADA)

Celda No	Matriz de caudales								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	41311639,85	0	0	0	0	0	0	0
2	-41311639,85	0	4528532,84	0	0	0	0	0	0
3	0	-4528532,84	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz de Difusión								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1.800.887.584	0	0	0	0	0	0	0
2	-1.800.887.584	0	57225428,7	0	0	0	0	0	0
3	0	-57225428,7	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Temperatura (°K) 283,15 Cmo 9,062428 Vel. viento (m/s) 5  
 Salinidad (psu) 10 Cs (mg/l) 9,0815188

Celda No	Prof. m	Area m2	Volumen m3	K1 DBO	K2 N-org	K3 N-NH3	K4 N-NH3	K5 NO3	K6 P-org	K7 Fosforo	K8 OD-NOS	K9 OD-NO2	Caudal (m3/dia)	Cs (m3/dia)	Ia
1	1,30	6.928.000	9003600	0,243938307	2,68	5,7880271	1,00E-02	0,8943	0,04	0,02	0,001	0,0001	28733024	0	0,981214058
2	1,86	7.160.000	13892000	0,00335282	0,018	24,71033	3,00E+00	1988,2	0,01	0,03	0,001	0,0001	46882736	0	0,654142706
3	1,16	5.072.000	5892700,32	1,047086055	0,6	25,5448	0,05	887,43	0,01	0,04	0,001	0,0001	85158432	-783848	1,087823306
4															

CELDA	DBO (g/m3)	Ntotal (g/m3)	FosfTotal (g/m3)	AREA SUP (m2)	CAUDAL (m3/s)
1	0,02	2,13	0,28	6828000	308,41
2	0,01	1,25	0,17	7160000	542,74
3	0,00	0,48	0,07	5072000	885,63

TABLA No 7.2.3.2 MODULO DBO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1844494695	-1.759.675.944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-1224711415	-526969897	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896,7	-610587091	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,20197E-06	-1,25934E-06	1,08688E-06						
2	1,25934E-06	-1,32004E-06	1,13926E-06						
3	1,08688E-06	-1,13926E-06	9,8161E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (día-1)	Descarga (g/día)		C (g/m3)		
			Caudal	Conc.	W	Conc.	
1	9003800	0,243838307	26733024	0,02	569260,274	0,40	1,04
2	13962000	0,003355262	46892736	0,01	588493,1507	0,41	1,09
3	5892700,32	1,047096055	85158432	0,00	416876,7123	0,36	0,94

TABLA No 7.2.3.3 NITROGENO ORGANICO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1866519446	-1,759,675,944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-1224506945	-526969896.7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896.7	-612043154.3	0	0	0	0	0	0
4									

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4.66343E-08	-4.88975E-08	4.21008E-08						
2	4.88975E-08	-5.18665E-08	4.46571E-08						
3	4.21008E-08	-4.46571E-08	3.68159E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K2 (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m3)	C (g/m3)	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	2.69	26733024	3.30	8.8E+07	0.91	1.12
2	13962000	0.018	46892736	2.92	1.4E+08	0.91	0.78
3	5892700.32	0.8	85158432	0.96	8.3E+07	0.65	0.98

TABLA No 7.2.3.4 NITROGENO AMONIAICAL

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1894233387	-1.759.675.944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-879752633,8	-526969896,7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896,7	-466228874,2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4,88938E-09	5,83155E-09	-6,59129E-09						
2	-5,83155E-09	6,27747E-09	-7,09531E-09						
3	-6,59129E-09	7,09531E-09	-1,01646E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K3 (dia-1)	Descarga (g/día)		W (g/m3)	C (g/m3)	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	5,768027123	26733024	0,03	883589	0,21	0,21
2	13962000	24,71033	46892736	0,03	4E+07	0,22	0,23
3	5892700,32	25,5449	85158432	0,03	2745900	0,25	0,25



MODELACION AMBIENTAL DE CIENEGAS EN DOS DIMENSIONES (MAC2D)

TABLA No 7.2.3.6 NITRITO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850351322	-1.759.675.944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	17878050139	-526969896,7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896,7	5201871762	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,94307E-10	4,85081E-11	4,91406E-12						
2	-4,85081E-11	5,10077E-11	5,16728E-12						
3	4,91406E-12	-5,16728E-12	1,91715E-10						
4									

Celda No	Volumen (m <sup>3</sup> )	K5 (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m <sup>3</sup> )	C
			Caudal	Conc.		
1	9003800	0,8943	26733024	1,26	4,5E+07	0,03
2	13962000	1368,2	46892736	0	7,7E+07	0,00
3	5892700,32	987,43	85158432	0	3,7E+07	0,01

MODELACION AMBIENTAL DE CIENEGAS EN DOS DIMENSIONES (MAC2D)

TABLA No 7.2.3.6 NITRATO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1853842488	-1,759,675,944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-1220517231	-526969896,7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896,7	-609559979,1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,56026E-07	-1,63807E-07	1,41612E-07						
2	1,63807E-07	-1,72573E-07	1,4919E-07						
3	1,41612E-07	-1,4919E-07	1,27336E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (dia-1)	Descarga (g/dia)		C		
			Caudal	Conc.	W (g/m3)	Conc.	
1	9003800	1,282043614	26733024	3,69	9,9E+07	3,07	4,01
2	13962000	0,30375522	46892736	3,69	2,1E+08	3,18	2,46
3	5892700,32	1,22139852	85158432	3,69	3,5E+08	2,61	3,24

TABLA No 7.2.3.7 OXIGENO DISUELTO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1851133879	-1.759.675.944	0	0	0	0	0	0	0
2	1759675944	-1215625121	-526969896,7	0	0	0	0	0	0
3	0	526969896,7	-610287581,6	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4,3294E-07	4,5601E-07	-3,93755E-07						
2	-4,5601E-07	4,79711E-07	-4,1422E-07						
3	-3,93755E-07	4,1422E-07	-3,59308E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	Ka (dia-1)	Caudal	Descarga (g/día)		W	C (g/m3)	Conc
				Conc.				
1	9003800	0,981214059	26733024	0,10	82120844,45	4,00	3,86	
2,05	13962000	0,654142706	46892736	1,16	137365495,6	4,16	5,30	
3	5892700,32	1,097923306	85158432	0,02	58634668,16	3,50	6,11	

TABLA No 7.2.3.8 DATOS DE ENTRADA (CONDICION No 5 REFORESTADA)

Celda No	Matriz de Caudales								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	41164988,31	0	0	0	0	0	0	0
2	-41164988,31	0	44845518,58	0	0	0	0	0	0
3	0	-44845518,58	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz de Difusión								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1.800.987,584	0	0	0	0	0	0	0
2	-1.800.987,584	0	572255428,7	0	0	0	0	0	0
3	0	-572255428,7	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Temperatura (OK) Saturación (obco)	Cao		Vel. viento (m/s)	
	283,15	9,062426	5	5
	10	9,0815168		

Celda No	Prof. m	Area m2	Volumen m3	K1 DBO	k2 N-org	k3 N-NH3	k4 N-NH3	k5 NO3	k6 P-org	K7 Fosfato	OD-NO3	k8 OD-NO3	k9 OD-NO2	Caudal (m3/dia)	Qs (m3/dia)	ka
1	1,30	6.928.000	9003800	0,243838307	2,69	5,7680271	1,00E-02	0,8943	0,04	0,02	0,001	0,001	0,0001	28733024	-783648	0,981214059
2	1,85	7.160.000	13862000	0,00335282	0,018	24,71033	3,00E-00	1368,2	0,01	0,03	0,001	0,001	0,0001	46892736	-783648	0,654142706
3	1,18	5.072.000	5892700,32	1,047086055	0,8	25,5448	0,05	887,43	0,01	0,04	0,001	0,001	0,0001	85158432	-783648	1,097823306

CELDA	DBO (g/m3)	N total (g/m3)	Fosf total (g/m3)	AREA SUP (m2)	CAUDAL (m3/d)
1	0,02	2,13	0,28	6926000	308,41
2	0,01	1,25	0,17	7160000	542,74
3	0,00	0,48	0,07	5072000	985,63

TABLA No 7.2.3.9 DBO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1844348054	-1.759.822.586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-1225004788	-527409911	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911,1	-610147077	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5,28033E-07	-5,52827E-07	4,77862E-07						
2	5,52827E-07	-5,79379E-07	5,00814E-07						
3	4,77862E-07	-5,00814E-07	4,31264E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (dia-1)	Descarga (g/día)			Conc.
			Caudal	Conc.	W (g/m3)	
1	9003800	0,243838307	26733024	0,02	569260,274	0,17
2	13962000	0,003355262	46892736	0,01	588493,1507	0,18
3	5892700,32	1,047096055	85158432	0,00	416876,7123	0,16

TABLA No 7.2.3.10 MODULO NITROGENO ORGANICO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1866372804	-1.759.822.586	0						0
2	1759822586	-1224800318	-527409911,1						0
3	0	527409911,1	-611603140						0
4									0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,44372E-08	-4,65594E-08	4,015E-08						
2	4,65594E-08	-4,93784E-08	4,2581E-08						
3	4,015E-08	-4,2581E-08	3,50842E-08						
4									

Celda No	Volumen (m <sup>3</sup> )	K2 (dia-1)	Descarga (g/día)		W (g/m <sup>3</sup> )	C (g/m <sup>3</sup> )	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	2,69	26733024	3,30	8,8E+07	0,87	1,12
2	13962000	0,018	46892736	2,92	1,4E+08	0,87	0,78
3	5892700,32	0,8	85158432	0,98	8,3E+07	0,62	0,98

TABLA No 7.2.3.11 NITROGENO AMONIACAL

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1894086745	-1,759 822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-880046006,6	-527409911,1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911,1	-46578859,8	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4,94097E-09	5,88618E-09	-6,66488E-09						
2	-5,88618E-09	6,33526E-09	-7,17337E-09						
3	-6,66488E-09	7,17337E-09	-1,02693E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K3 (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m3)	C (g/m3)	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	5,768027123	26733024	0,03	880414	0,20	0,21
2	13962000	24,71033	46892736	0,03	3,8E+07	0,22	0,23
3	5892700,32	25,5449	85158432	0,03	2736689	0,24	0,25

MODELACION AMBIENTAL DE CIENEGAS EN DOS DIMENSIONES (MAC2D)

TABLA No 7.2.3.12 NITRITO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850204681	-1,759 822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	17677756766	-527409911,1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911,1	5202311777	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,94335E-10	4,85155E-11	4,9185E-12						
2	-4,85155E-11	5,10072E-11	5,1711E-12						
3	4,9185E-12	-5,1711E-12	1,91698E-10						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K5 (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m3)	C
			Caudal	Conc.		
1	9003800	0,8943	26733024	1,26	4,4E+07	0,03
2	13962000	1368,2	46892736	0	7,5E+07	0,00
3	5892700,32	987,43	85158432	0	3,6E+07	0,01



MODELACION AMBIENTAL DE CIENEGAS EN DOS DIMENSIONES (MAC2D)

TABLA No 7.2.3.13 NITRATO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1853695847	-1,759,822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-1220810604	-527409911,1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911,1	-609119964,8	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,33703E-07	-1,40267E-07	1,21451E-07						
2	1,40267E-07	-1,47749E-07	1,27929E-07						
3	1,21451E-07	-1,27929E-07	1,09127E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (dia-1)	Descarga (g/día)		W (g/m3)	C (g/m3)	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	1,282043614	26733024	3,69	9,9E+07	2,65	4,01
2	13962000	0,30375522	46892736	3,69	2,1E+08	2,74	2,46
3	5892700,32	1,22139852	85158432	3,69	3,5E+08	2,24	3,24

TABLA No 7.2.3.14 OXIGENO DISUELTO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850987237	-1,759,822,586	0	0	0	0	0	0	0
2	1759822586	-1215918494	-527409911.1	0	0	0	0	0	0
3	0	527409911.1	-609847567.2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-8.11241E-07	8.53835E-07	-7.38415E-07						
2	-8.53835E-07	8.98066E-07	-7.76668E-07						
3	-7.38415E-07	7.76668E-07	-6.73319E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	Ka (dia-1)	Caudal	Descarga (g/día)		C (g/m3)	Conc
				Conc.	W		
1	9003800	0.981214059	26733024	0.10	82608072.14	6.07	3.86
2.05	13962000	0.654142706	46892736	1.16	137377000.5	6.34	5.3
3	5892700.32	1.097923306	85158432	0.02	59871341.47	5.38	6.11

TABLA No 7.2.3.15 DATOS DE ENTRADA (CONDICION No 6 REFORESTADA)

Celda No	Matriz de caudales								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	41272441,93	0	0	0	0	0	0	0
2	-41272441,93	0	45167914,96	0	0	0	0	0	0
3	0	-45167914,96	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz de Difusión								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1.800.987.584	0	0	0	0	0	0	0
2	-1.800.987.584	0	572255429,7	0	0	0	0	0	0
3	0	-572255429,7	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Temperatura (°K) 293,15 Cso 9,082426 Vel. viento (m/s) 5  
 Salinidad (‰) 10 Cs (mg/l) 9,0915168

Celda No	Prof. m	Area m <sup>2</sup>	Voluмен m <sup>3</sup>	K1 DBO	K2 N-org	K3 M-NH3	K4 M-NH3	K5 NO3	K6 P-org	K7 Fosfato	K8 OD-NOS	K9 OD-NO2	Caudal (m <sup>3</sup> /día)	Qb (m <sup>3</sup> /día)	Is
1	1,30	6.928.000	9003800	0,243838307	2,69	5,7680271	1,00E-02	0,8943	0,04	0,02	0,001	0,0001	26733024	0	0,981214059
2	1,95	7.160.000	13962000	0,003355262	0,018	24,71033	3,00E+00	1368,2	0,01	0,03	0,001	0,0001	46892736	0	0,654142706
3	1,16	5.072.000	5892700,32	1,047096055	0,8	25,5449	0,05	987,43	0,01	0,04	0,001	0,0001	85136432	763648	1,097923306
4															

CELDA	DBO (g/m <sup>3</sup> )	Ntotal (g/m <sup>3</sup> )	Fosfotal (g/m <sup>3</sup> )	AREA SUP (m <sup>2</sup> )	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)
1	0,02	2,13	0,28	6928000	309,41
2	0,01	1,25	0,17	7160000	542,74
3	0,00	0,49	0,07	5072000	985,63

TABLA No 7.2.3.16 DBO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1844455497	-1.759.715.142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1224769635	-527037515	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514,7	-610469473	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8,96244E-07	-9,38835E-07	8,10603E-07						
2	9,38835E-07	-9,84046E-07	8,49638E-07						
3	8,10603E-07	-8,49638E-07	7,31951E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (día-1)	Descarga (g/día)		W (g/m3)	C Conc.
			Caudal	Conc.		
1	9003800	0,243838307	26733024	0,02	569260,274	0,30
2	13962000	0,003355262	46892736	0,01	588493,1507	0,31
3	5892700,32	1,047096055	85158432	0,00	416876,7123	0,27

TABLA No 7.2.3.17 NITROGENO ORGANICO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1866480248	-1.759.715.142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1224585365	-527087514,7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514,7	-611925536,4	0	0	0	0	0	0
4									
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,60261E-08	-4,82503E-08	4,15608E-08						
2	4,82503E-08	-5,11777E-08	4,40824E-08						
3	4,15608E-08	-4,40824E-08	3,63366E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K2 (dia-1)	Descarga (g/dia)		C		
			Caudal	Conc.	W (g/m3)	Conc.	
1	9003800	2,69	26733024	3,30	8,8E+07	0,90	1,12
2	13962000	0,018	46892736	2,92	1,4E+08	0,90	0,78
3	5892700,32	0,8	85158432	0,98	8,3E+07	0,64	0,98

TABLA No 7.2.3.18 NITROGENO AMONIAICAL

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1894194188	-1.759.715.142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-879831053,8	-527087514,7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514,7	-46611256,2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4,90307E-09	5,84604E-09	-6,61081E-09						
2	-5,84604E-09	6,2928E-09	-7,11602E-09						
3	-6,61081E-09	7,11602E-09	-1,01923E-08						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K3 (dia-1)	Descarga (g/día)		C		
			Caudal	Conc.	W (g/m3)	Conc.	
1	9003800	5,768027123	26733024	0,03	882710	0,21	0,21
2	13962000	24,71033	46892736	0,03	3,9E+07	0,22	0,23
3	5892700,32	25,5449	85158432	0,03	2743350	0,24	0,25

MODELACION AMBIENTAL DE CIENEGAS EN DOS DIMENSIONES (MAC2D)

TABLA No 7.2.3.19 MÓDULO NITRITO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1850312124	-1,759,715.142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	17877971719	-527087514,7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514,7	5201989380	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,94314E-10	4,85101E-11	4,91525E-12						
2	-4,85101E-11	5,10076E-11	5,1683E-12						
3	4,91525E-12	-5,1683E-12	1,9171E-10						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K5 (día-1)	Descarga (gdía)		W (g/m3)	C
			Caudal	Conc.		
1	9003800	0,8943	26733024	1,26	4,4E+07	0,03
2	13962000	1368,2	46892736	0	7,6E+07	0,00
3	5892700,32	987,43	85158432	0	3,7E+07	0,01

MODELACION AMBIENTAL DE CIENEGAS EN DOS DIMENSIONES (MAC2D)

TABLA No 7.2.3.20 NITRATO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1853803290	-1.759.715.142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1220595651	-527087514,7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514,7	-609442361,2	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,49361E-07	-1,56778E-07	1,35593E-07						
2	1,56778E-07	-1,65161E-07	1,42843E-07						
3	1,35593E-07	-1,42843E-07	1,21899E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	K (dia-1)	Descarga (g/dia)		W (g/m3)	C (g/m3)	Conc.
			Caudal	Conc.			
1	9003800	1,282043614	26733024	3,69	9,9E+07	2,94	4,01
2	13962000	0,30375522	46892736	3,69	2,1E+08	3,05	2,46
3	5892700,32	1,22139852	85158432	3,69	3,5E+08	2,50	3,24



TABLA No 7.2.3.21 MODULO OXIGENO DISUELTO

Celda No	Matriz de Convergencia								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1851094681	-1.759.715.142	0	0	0	0	0	0	0
2	1759715142	-1215703541	-527087514,7	0	0	0	0	0	0
3	0	527087514,7	-610169963,6	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Celda No	Matriz Inversa								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	-4,94582E-07	5,20833E-07	-4,49915E-07						
2	-5,20833E-07	5,47879E-07	-4,73278E-07						
3	-4,49915E-07	4,73278E-07	-4,10474E-07						
4									

Celda No	Volumen (m3)	Ka (día-1)	Caudal	Descarga (g/día)		W	C	
				Conc.	Conc.		(g/m3)	Conc
1	9003800	0,981214059	26733024	0,10	82341811,81	4,19	3,86	
2,05	13962000	0,654142706	46892736	1,16	137370619,3	4,36	5,30	
3	5892700,32	1,097923306	85158432	0,02	59195638,29	3,67	6,11	

**PARAMETROS FISICO - QUIMICOS (1)**  
Aguas de la conducción de Dolores

Tabla No 8.2.1

Parámetros	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
pH	UpH	7	7,08	7,31	7,55	7,12	6,86	7,01	6,92	6,98	6,92	6,88	6,92
Turbidez	U.N	2,8	2,7	7	4,3	2,5	4,3	4,7	8,6	3,3	3,2	3,6	3,3
N- amonia	mg/l	0,08	0,03	0,04	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,1	0,06	0,4	0,2
Nitritos	mg/l	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-	-	-
Nitratos	mg/l	2,42	2,2	1,65	3,96	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfatos	mg/l	0,3	0,35	0,52	0,43	0,21	0,55	0,27	0,4	0,42	0,24	0,09	0,33
Oxigeno Dis.	mg/l	4,35	5,2	7,2	5,6	5,6	6,2	6,2	5,8	6,4	6,4	5,8	4,8
Solidos Dis.	mg/l							173	168	149	150	118	126
Solido Susp.	mg/l							18	7	9	16	1	8
Solidos Tot.	mg/l	145	101	268	189	166	247	191	175	158	166	119	134

PARAMETROS FISICO - QUIMICOS (1)  
Aguas de la estación de Gambote ( Canal del Dique )

Tabla No 8.2.2

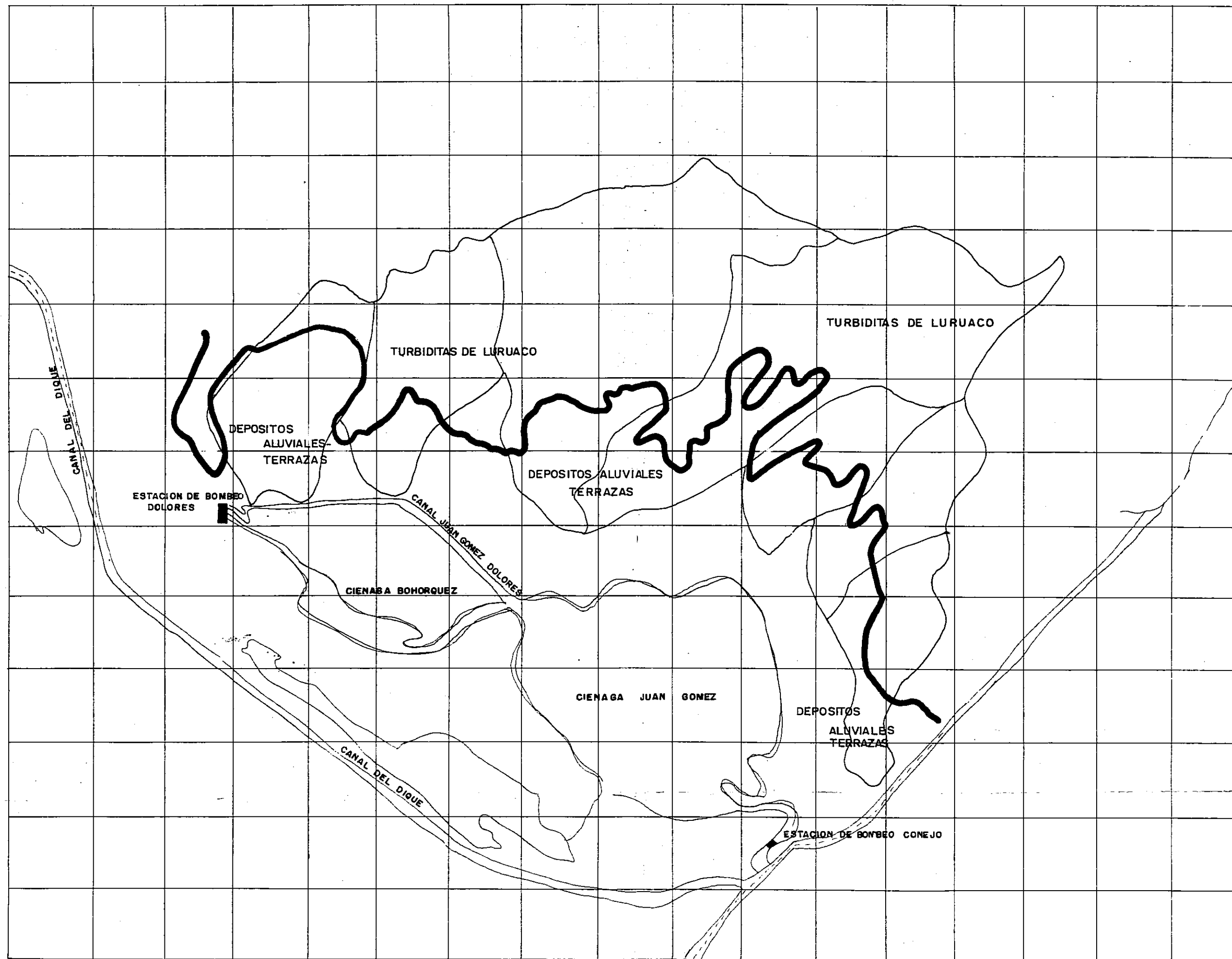
Parámetros	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
pH	UpH	7,16	7,29	7,45	7,49	7,25	7,21	7,2	7,06	7,09	7,06	6,96	7,02
Turbidez	U.N	75	82	126	148	173	142	84	89	58	99	94	135
N- amonia	mg/l	0,16	0,03	0,22	0,4	0,57	0,57	0,36	0,34	0,22	0,22	0,18	0,22
Nitritos	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	-	0,08	-	-
Nitratos	mg/l	4,4	3,96	4,18	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfatos	mg/l	0,6	0,55	0,58	1,16	0,4	0,35	0,55	0,58	0,41	0,32	0,2	0,28
Oxígeno Dis.	mg/l	4,55	4,8	5,6	5,6	5,4	5,8	5,8	4,8	4,7	4,7	4,4	3,5
Solidos Dis.	mg/l							118	156	98	137	129	179
Solido Susp.	mg/l							187	104	69	62	9	158
Solidos Tot.	mg/l	182	366	380	365	370	319	305	260	167	199	138	337


Tabla 8.2.3

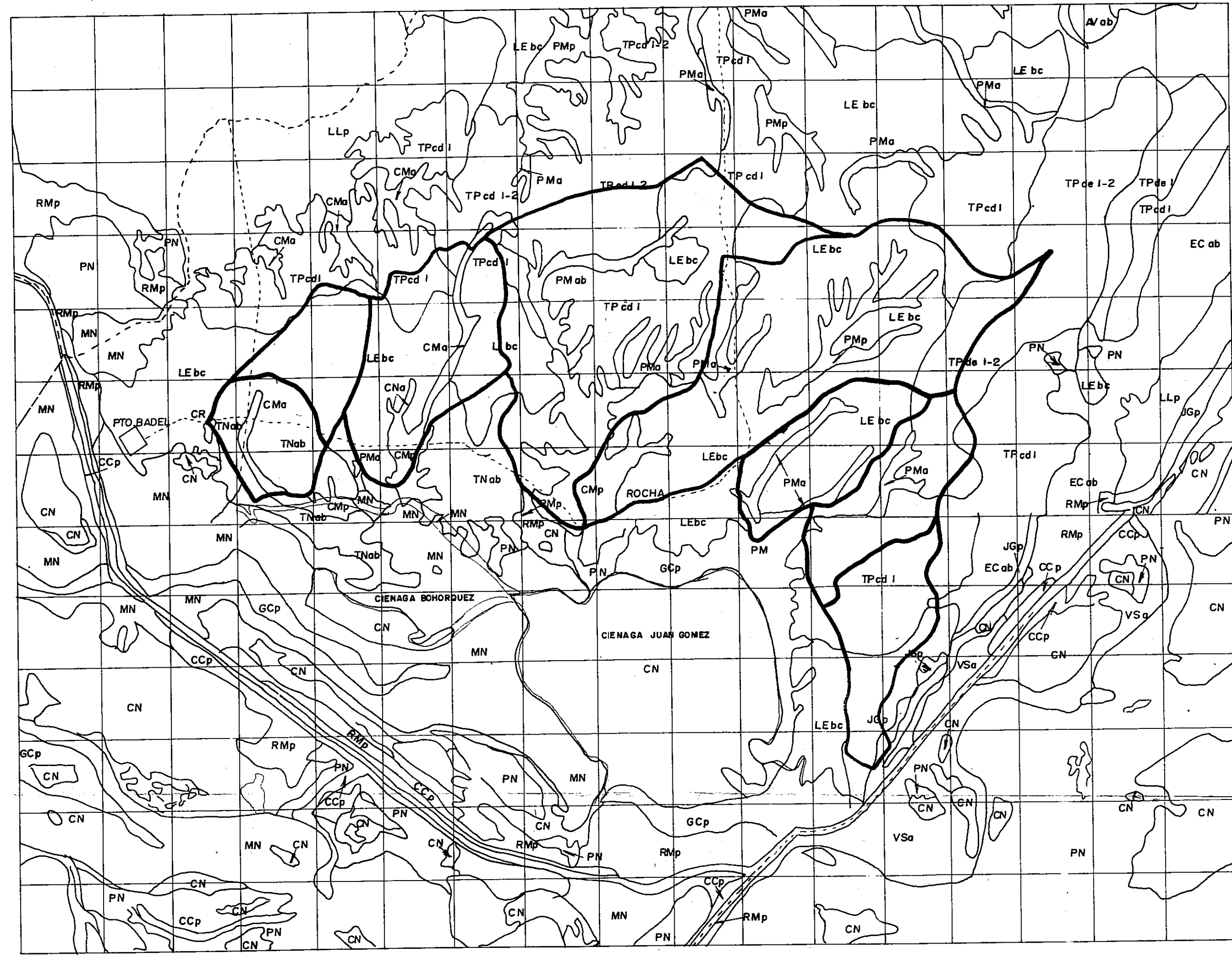
## NORMA COLOMBIANA PARA AGUA POTABLE ( DECRETO 2105 DE 1983) [29]


PARAMETRO	VALOR ADMISIBLE, mg/l ( o lo indicado)
<b>FISICOS</b>	
Color , unid. Py-Co	15
Olor y Sabor	Inobjetable
Turbiedad	5
<b>QUIMICOS INORGANICOS</b>	
Cloruros -Cl	250
Dureza total -CaCO <sub>3</sub>	150
Nitratos-NO <sub>3</sub>	45
Nitritos-NO <sub>2</sub>	0.1
PH-unid.	6.5-9.0
Solidos suspendidos totales	500

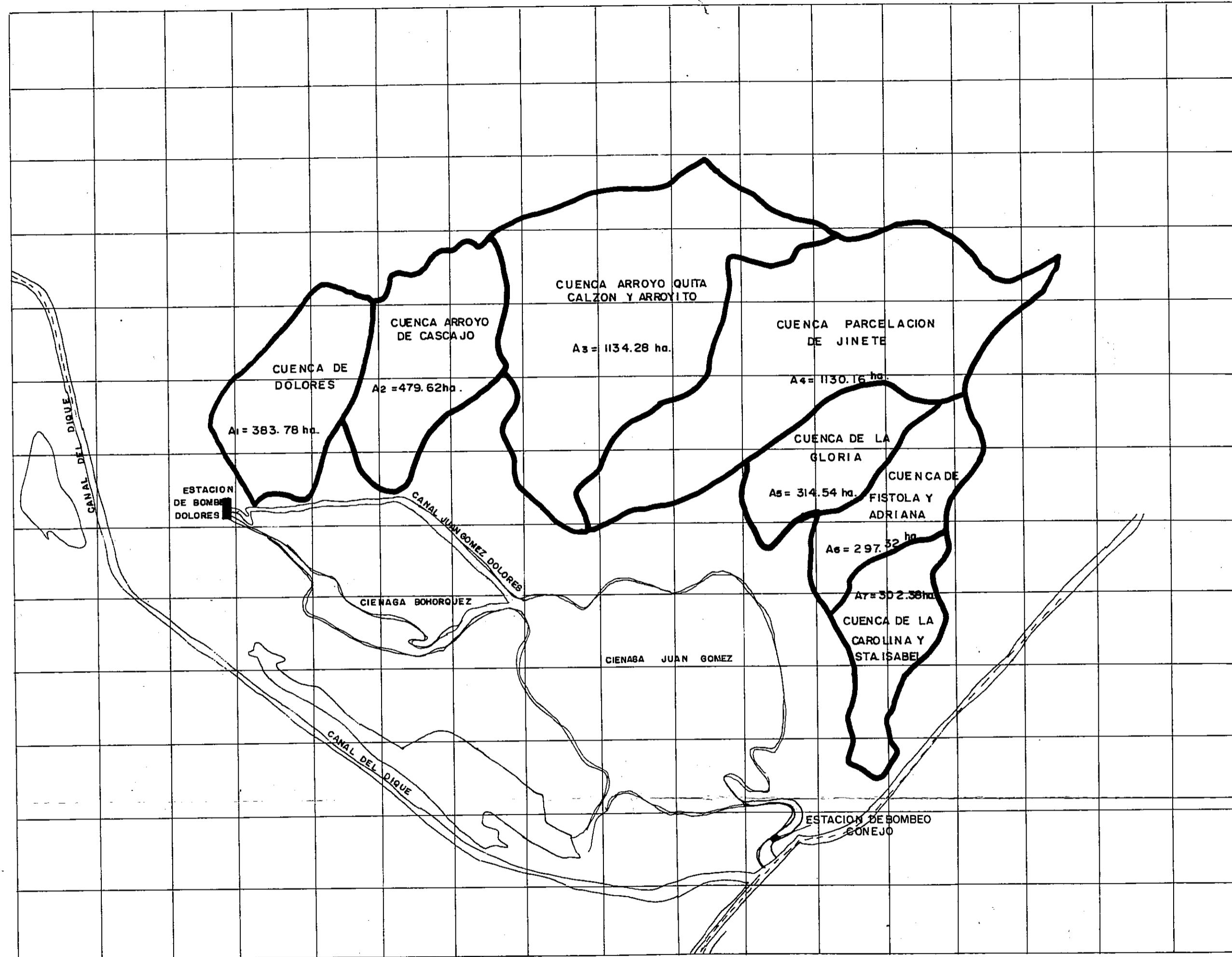
**FIGURAS**




 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA		
MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES.		
CONTIENE: <b>GEOLOGIA DE LA CUENCA</b>		
ESCALA :	FECHA : NOV. / 1997	FIG. Nº 3.2.2.2.



 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS		
MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAR JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES		
CONTIENE: TIPOS DE SUELO DE LA CUENCA		
ESCALA: SIN	FECHA: OCT / 1997	FIG. N° 3.5.1.



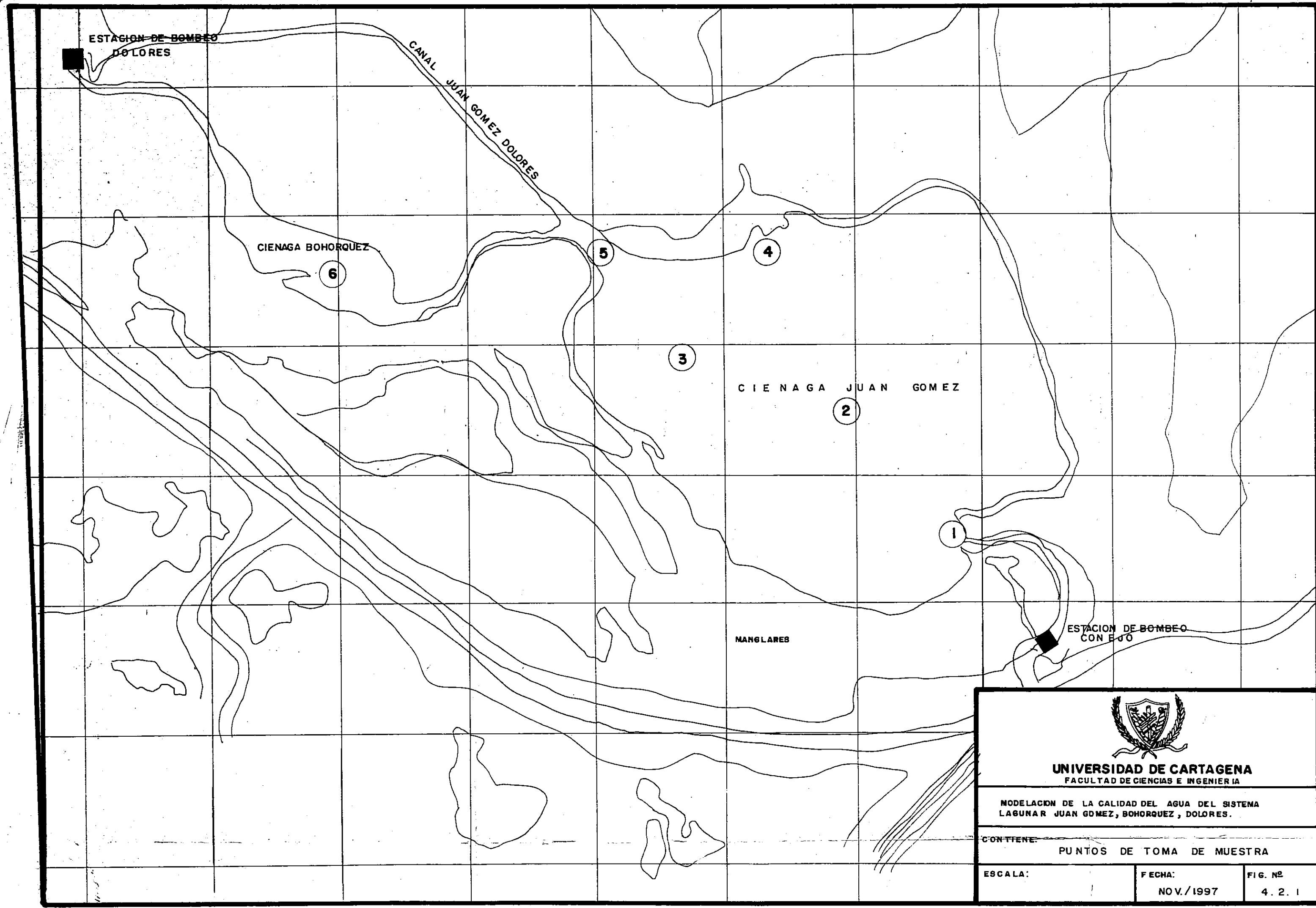
  
**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**  
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA


MODELACION DE LA CALIDA DEL AGUA DEL SISTEMA  
 LAGUNAR JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES.

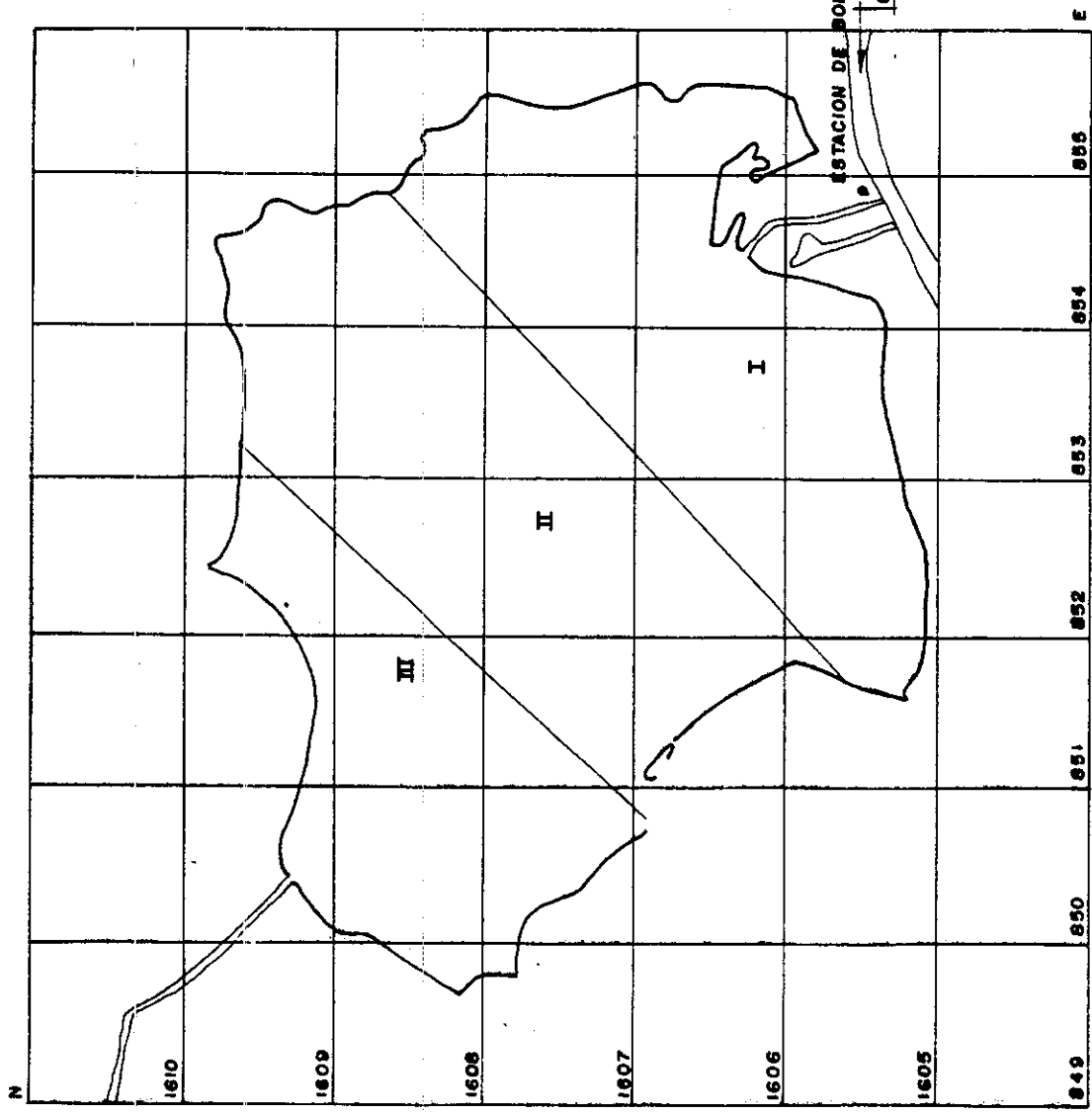
CONTIENE:  
 SUB DIVISION DE LA CUENCA HIDROGRAFICA

ESCALA:	FECHA: NOV/ 1997	FIG. N° 3.4.1.
---------	---------------------	-------------------





 <b>UNIVERSIDAD DE CARTAGENA</b> FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA		
MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA LAGUNAS JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES.		
CONTIENE: PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA		
ESCALA:	FECHA:	FIG. Nº
	NO V./1997	4.2.1



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS**

MODELACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA  
 LAGUNAR JUAN GOMEZ, BOHORQUEZ, DOLORES

CONTIENE:  
**DISTRIBUCION DE CELDAS PARA EL MODELO AMBIENTAL**

ESCALA: **SIN**

FECHA: **OCT / 1997**  
 FIG. Nº **6.2.6.1**

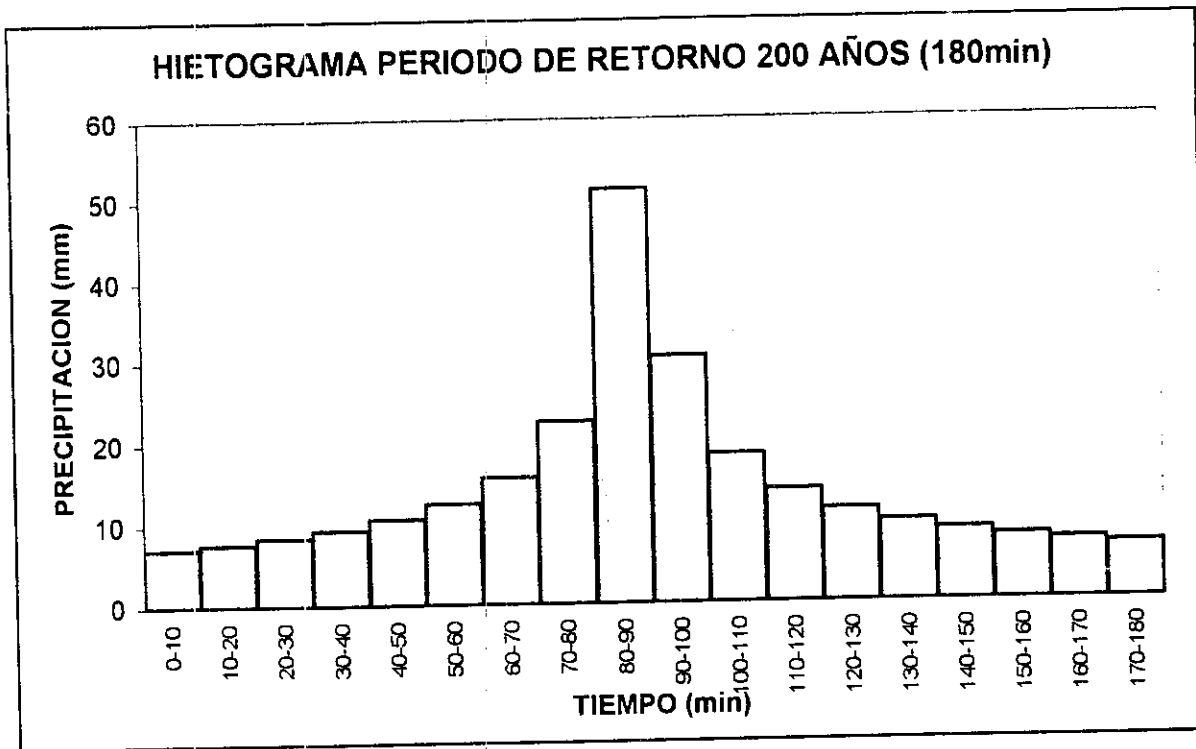


Fig.6.1.5.1.1 Hietograma Duración Efectiva 180 min Período de Retorno 200 años

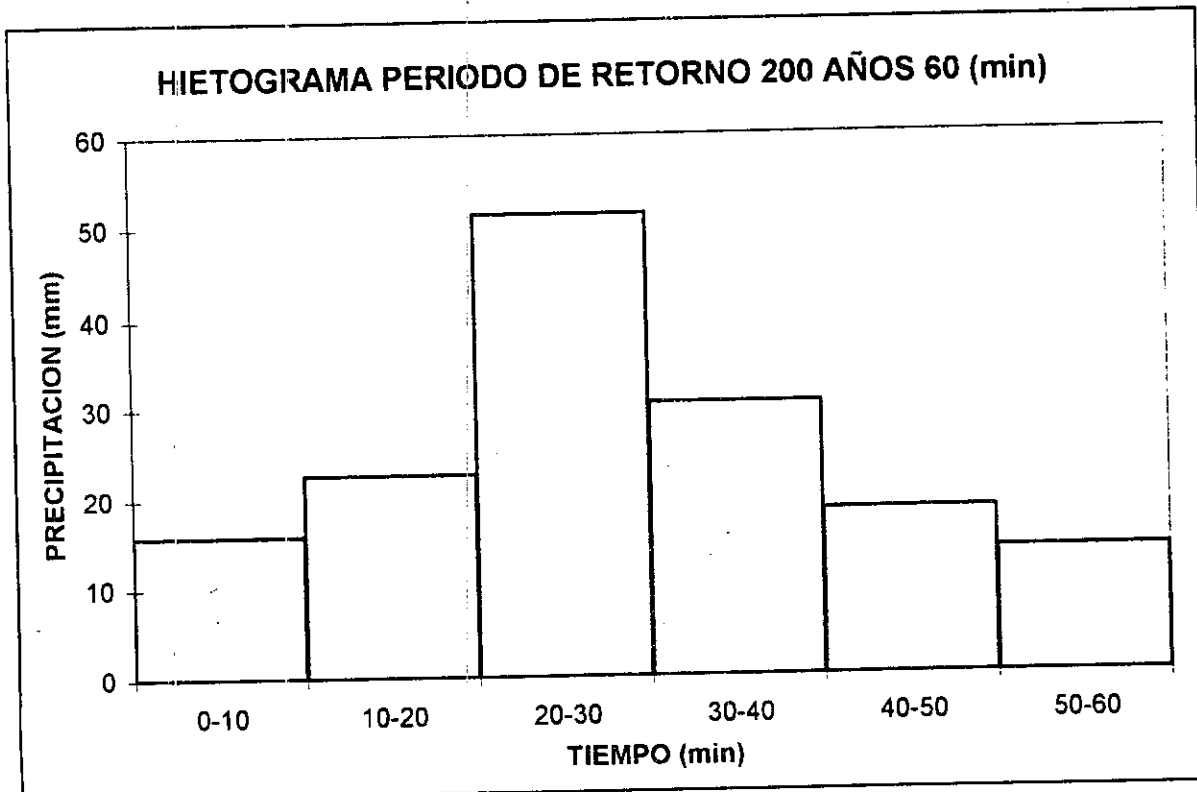


Fig.6.1.5.1.2 Hietograma Duración Efectiva 60 min Período de Retorno 200 años

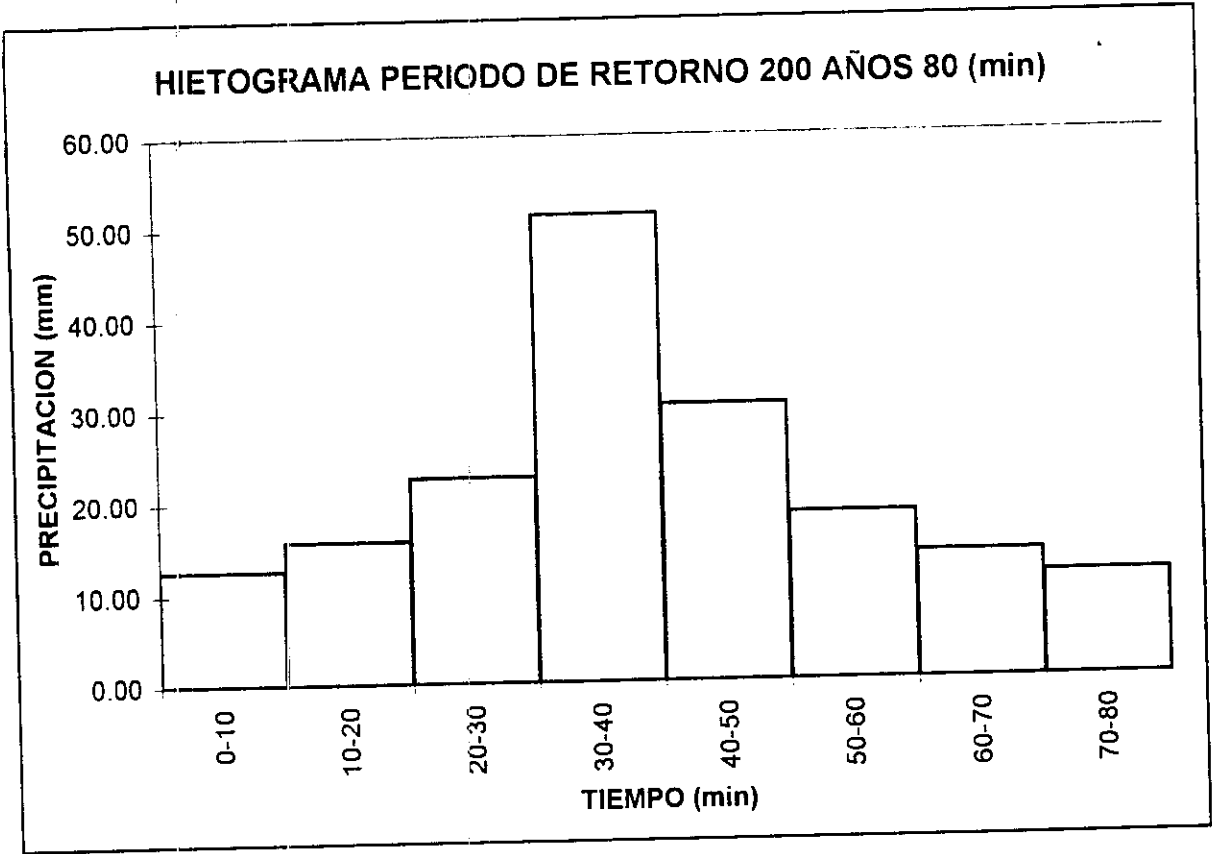


Fig.6.1.5.1.1.3 Hietograma Duración Efectiva 80 min Período de Retorno 200 años

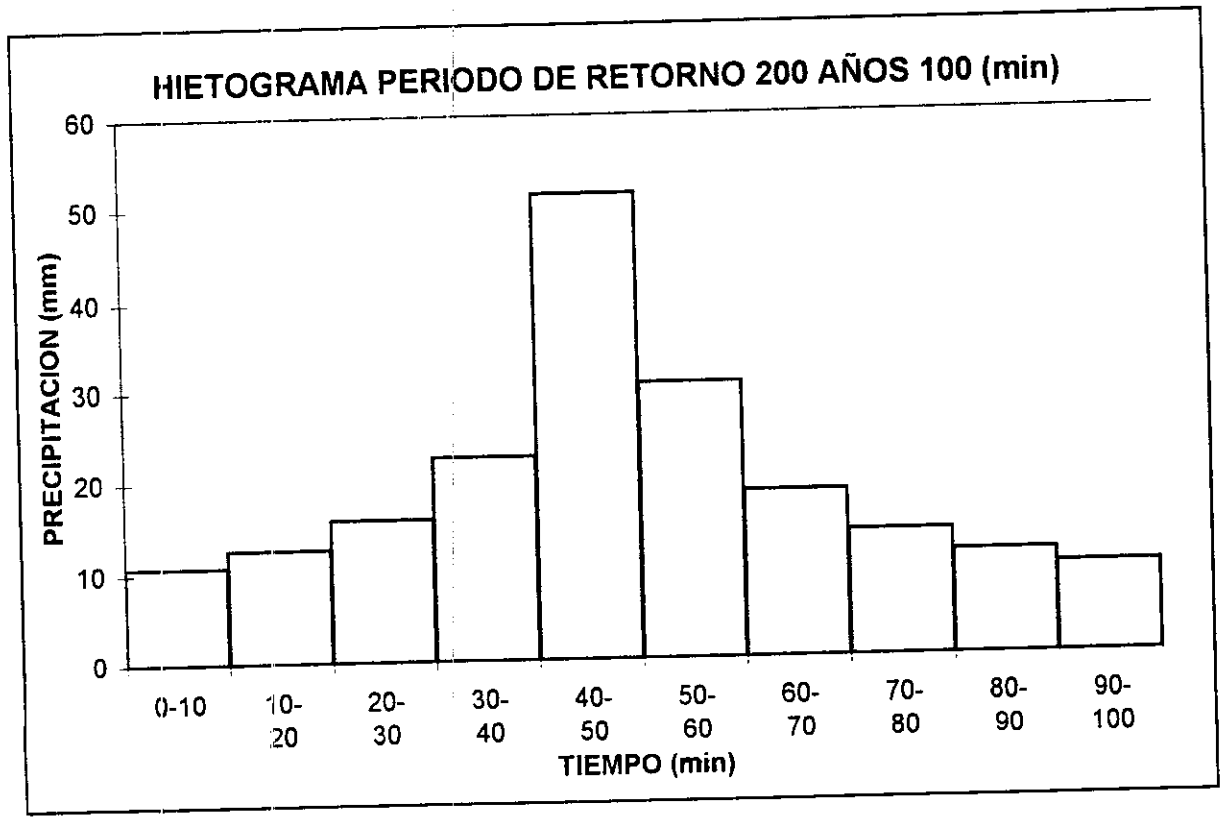


Fig.6.1.5.1.1.4 Hietograma Duración Efectiva 100 min Período de Retorno 200 años

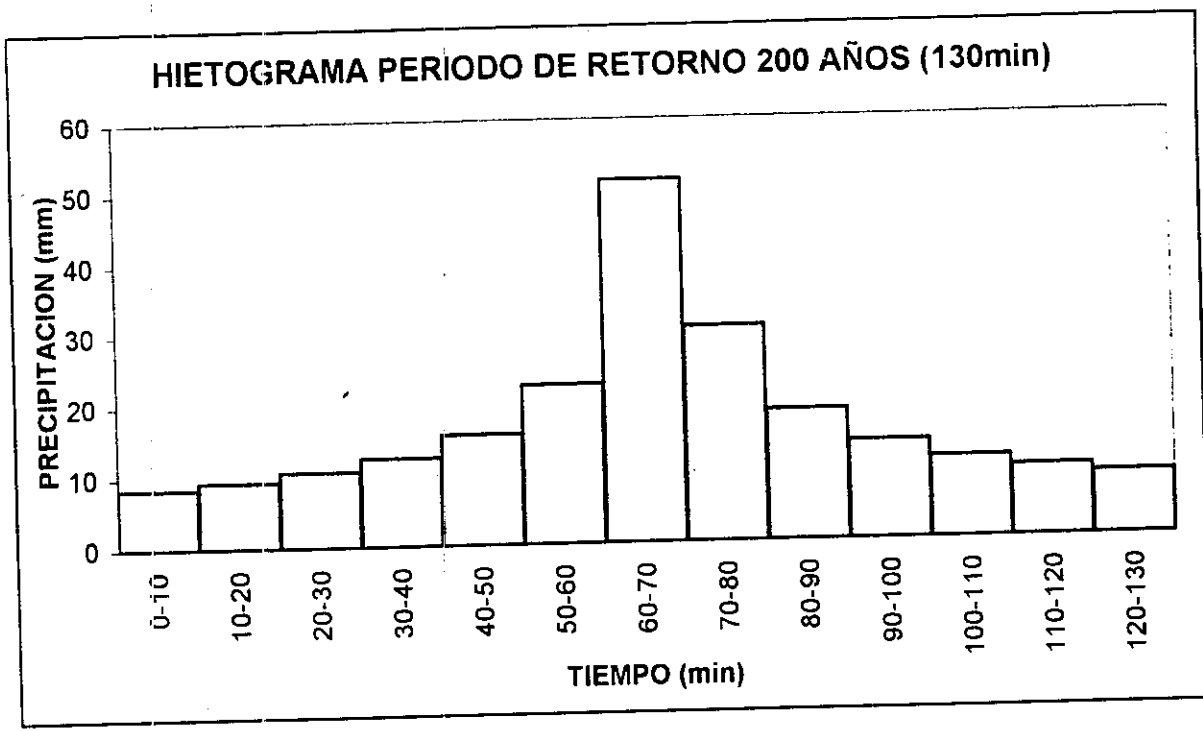


Fig.6.1.5.1.1.5 Hietograma Duración Efectiva 130 min Período de Retorno 200 años

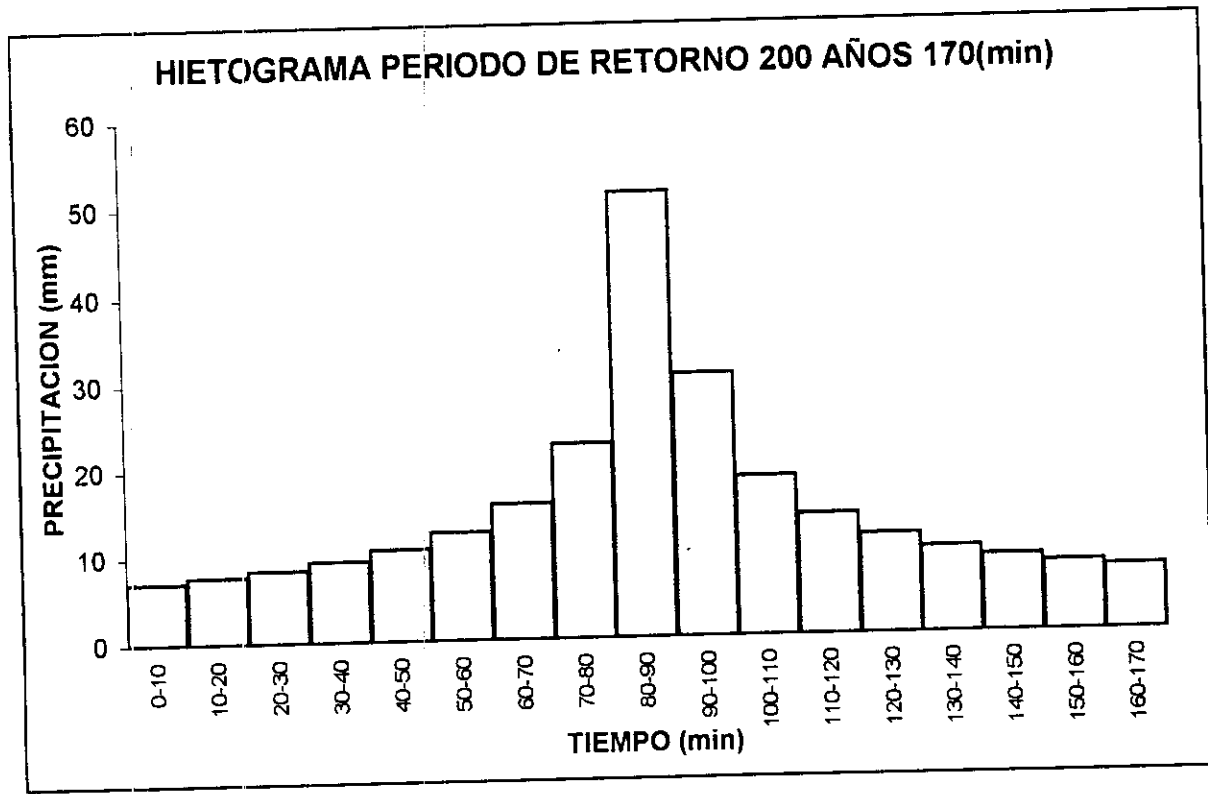


Fig.6.1.5.1.1.6 Hietograma Duración Efectiva 170 min Período de Retorno 200 años

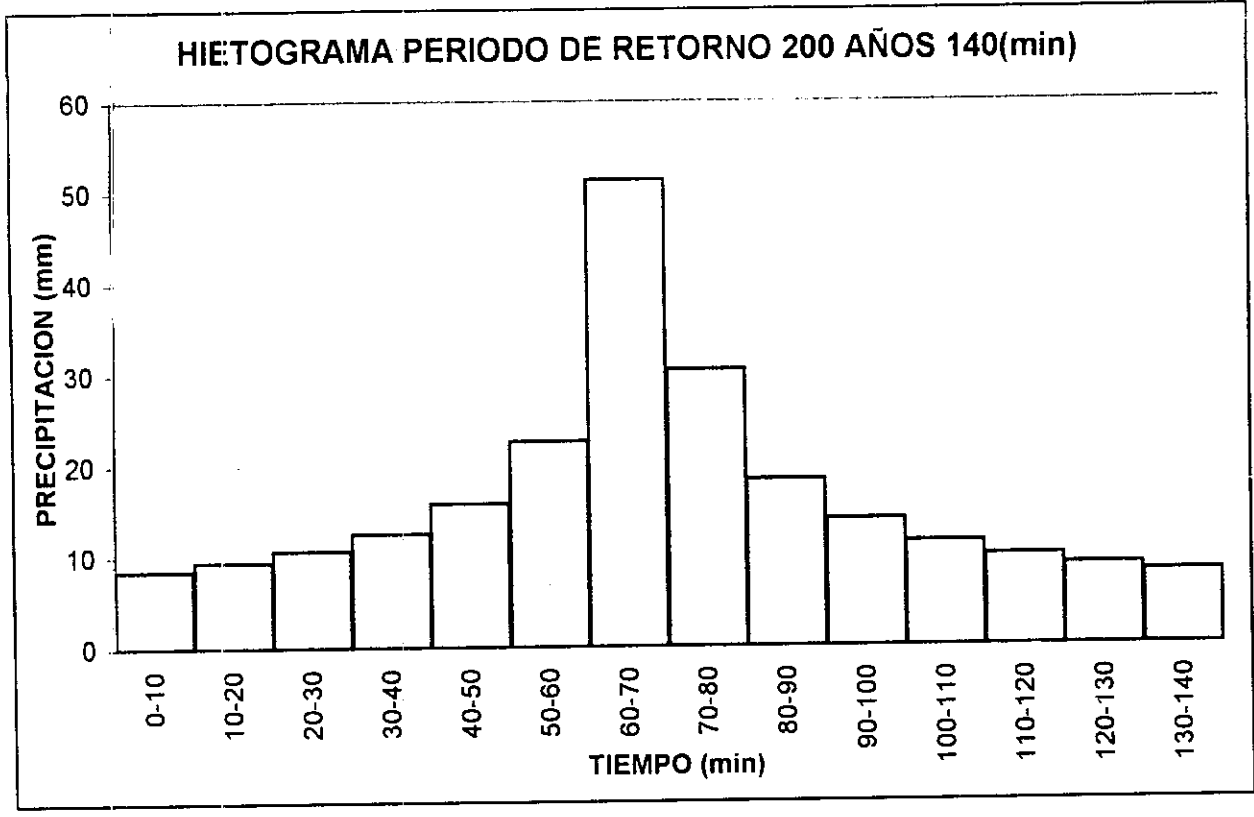


Fig.6.1.5.1.1.7 Hietograma Duración Efectiva 140 min Período de Retorno 200 años

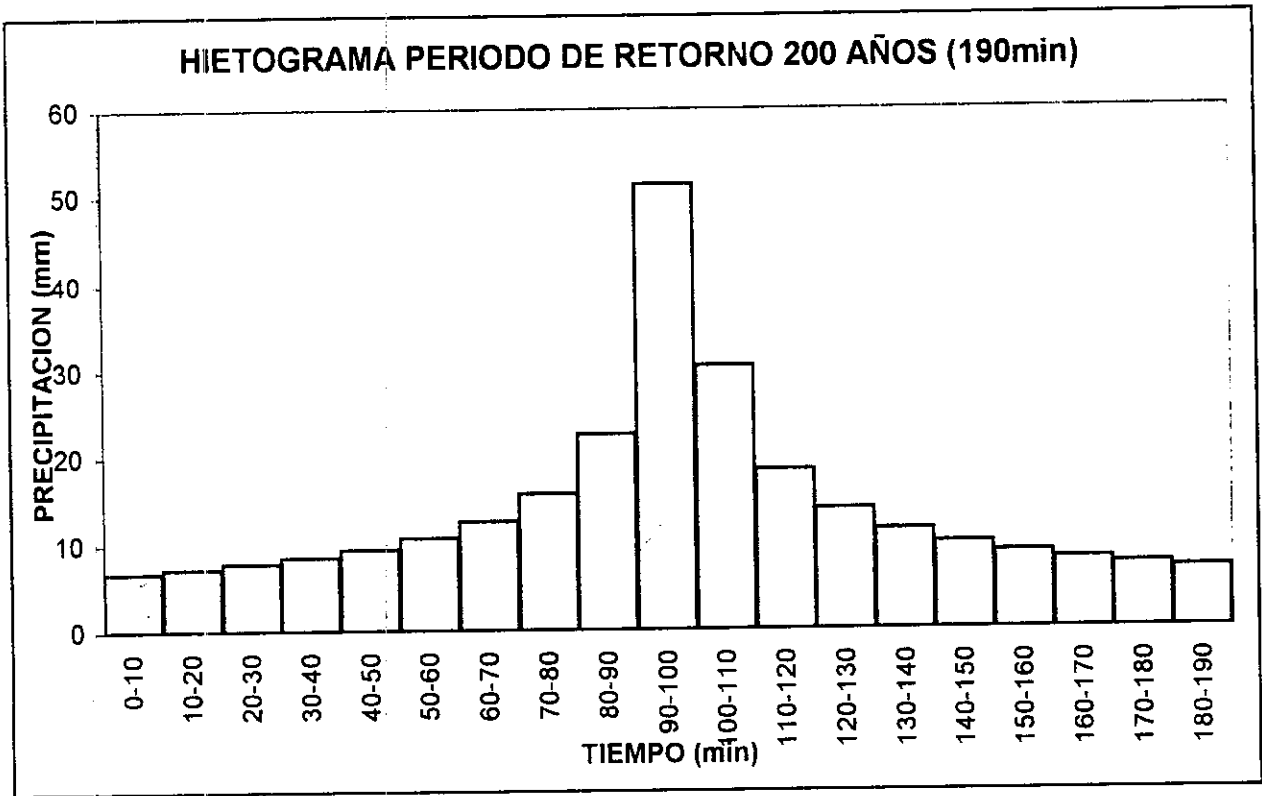


Fig.6.1.5.1.1.8 Hietograma Duración Efectiva 140 min Período de Retorno 200 años

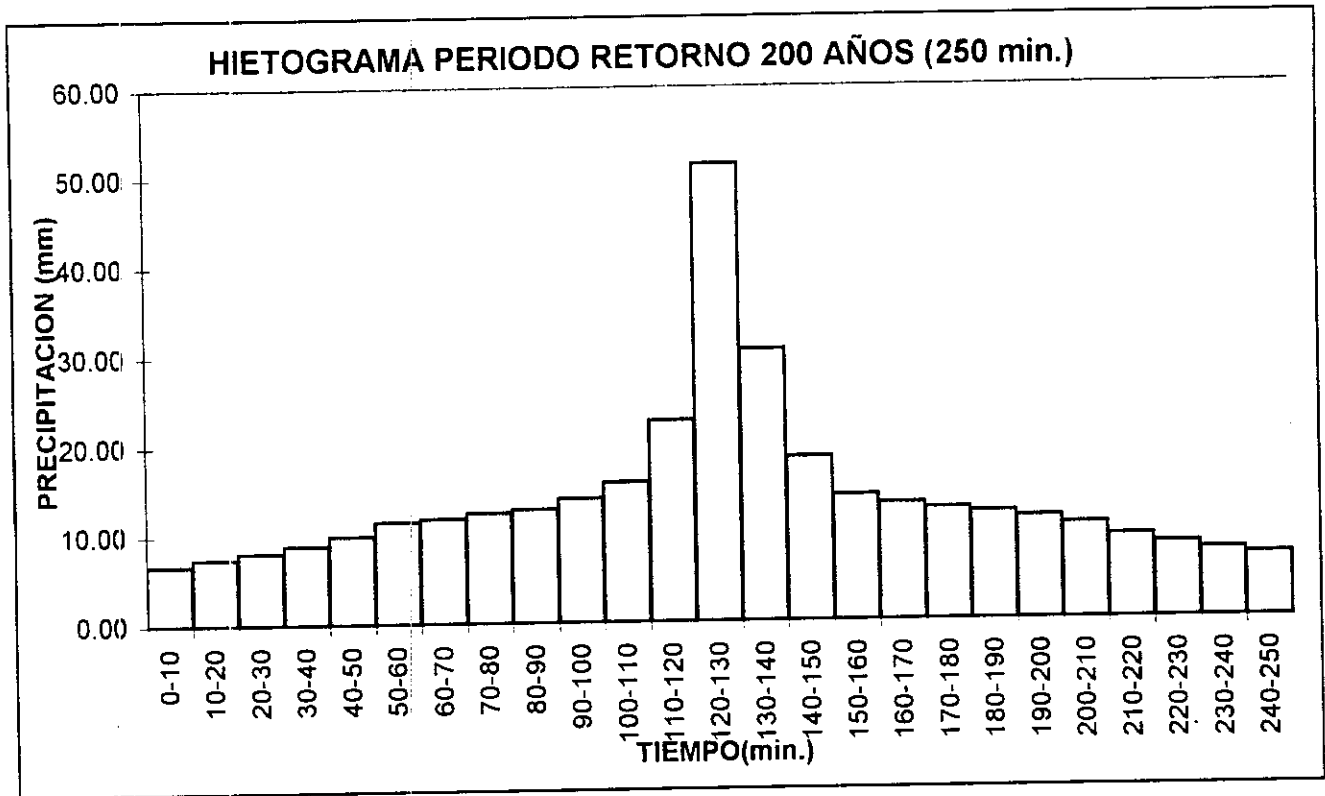


Fig.6.1.5.1.1.9 Hietograma Duración Efectiva 250 min Período de Retorno 200 años

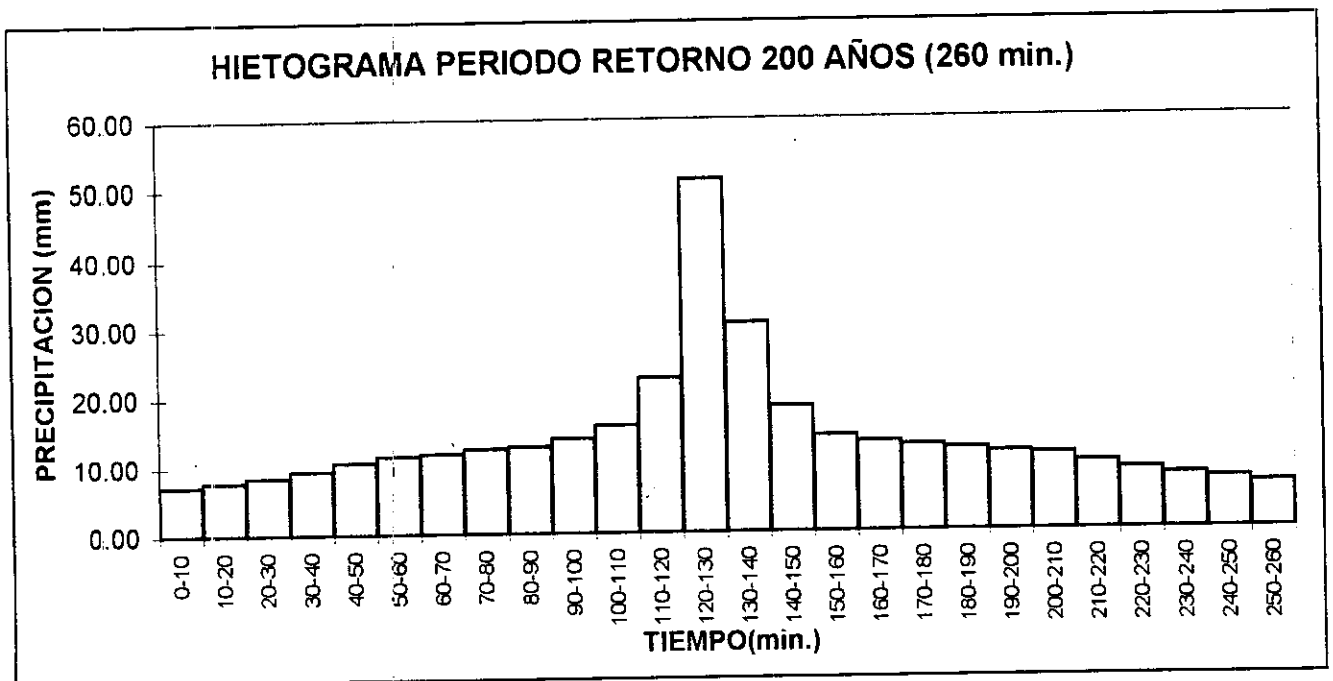


Fig.6.1.5.1.1.10 Hietograma Duración Efectiva 260 min Período de Retorno 200 años

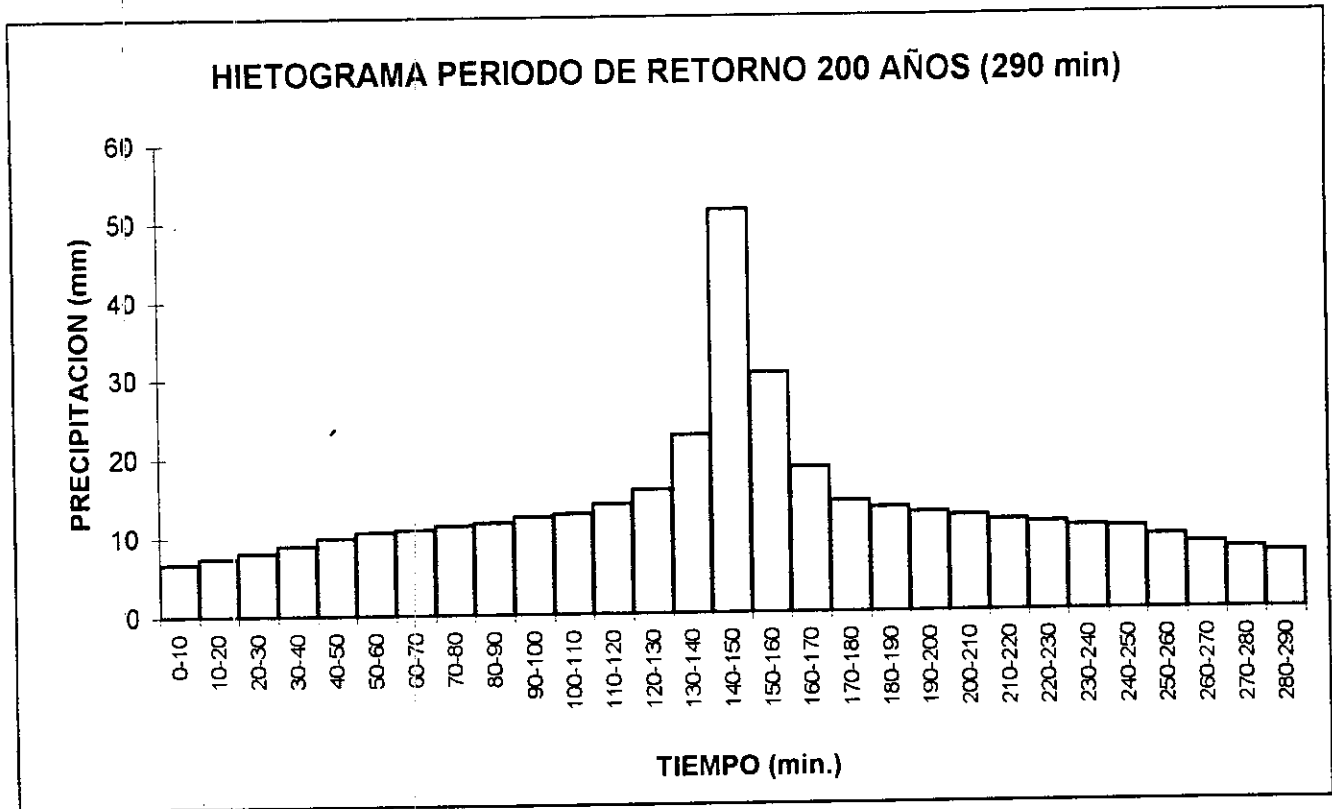


Fig.6.1.5.1.11 Hietograma Duración Efectiva 290 min Período de Retorno 200 años

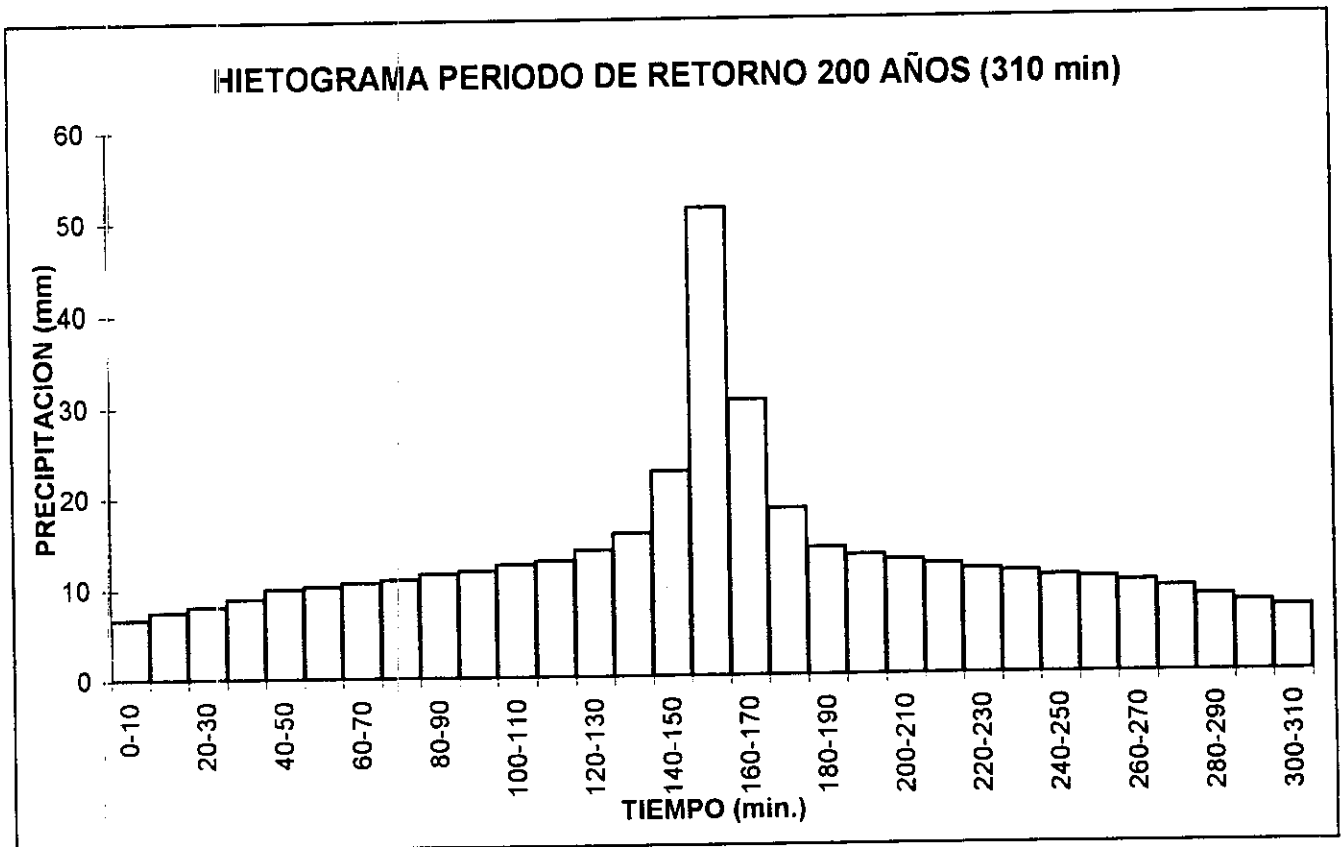
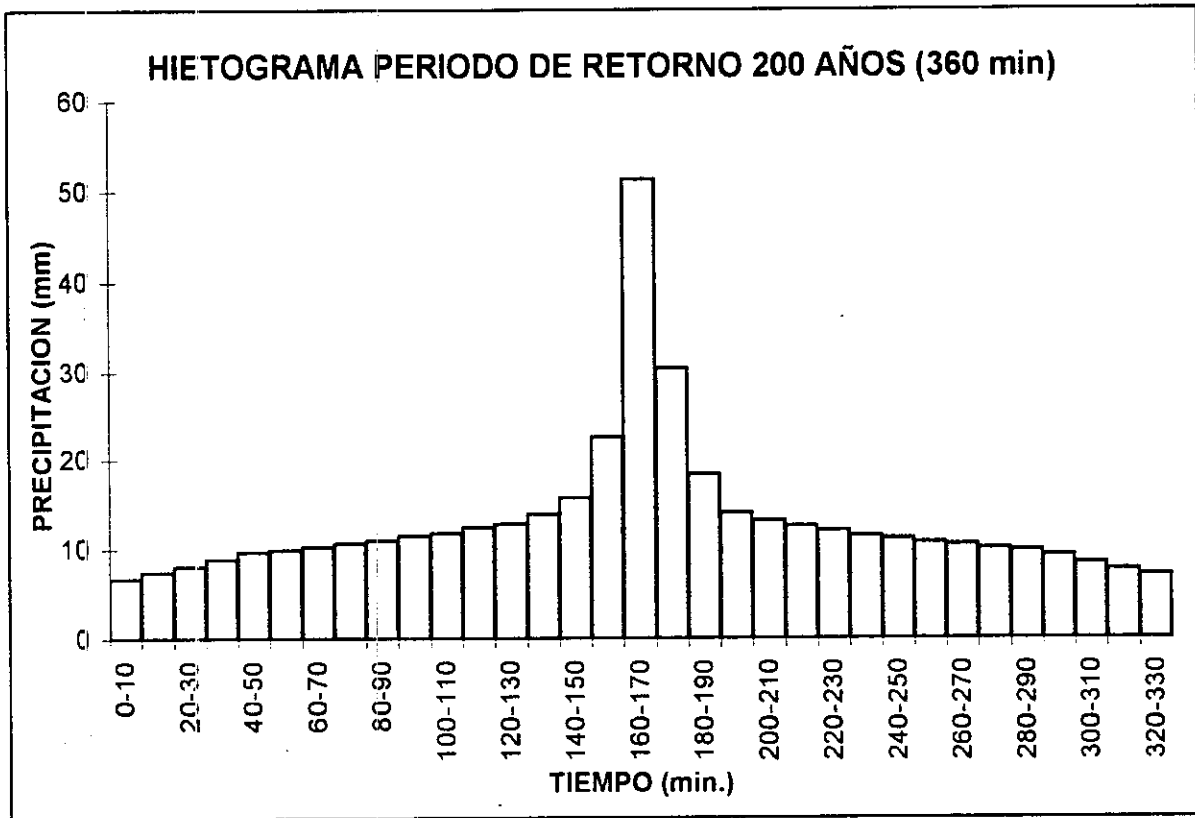


Fig.6.1.5.1.12 Hietograma Duración Efectiva 310 min Período de Retorno 200 años





**Fig.6.1.5.1.1.13 Hietograma Duración Efectiva 330 min Período de Retorno 200 años**

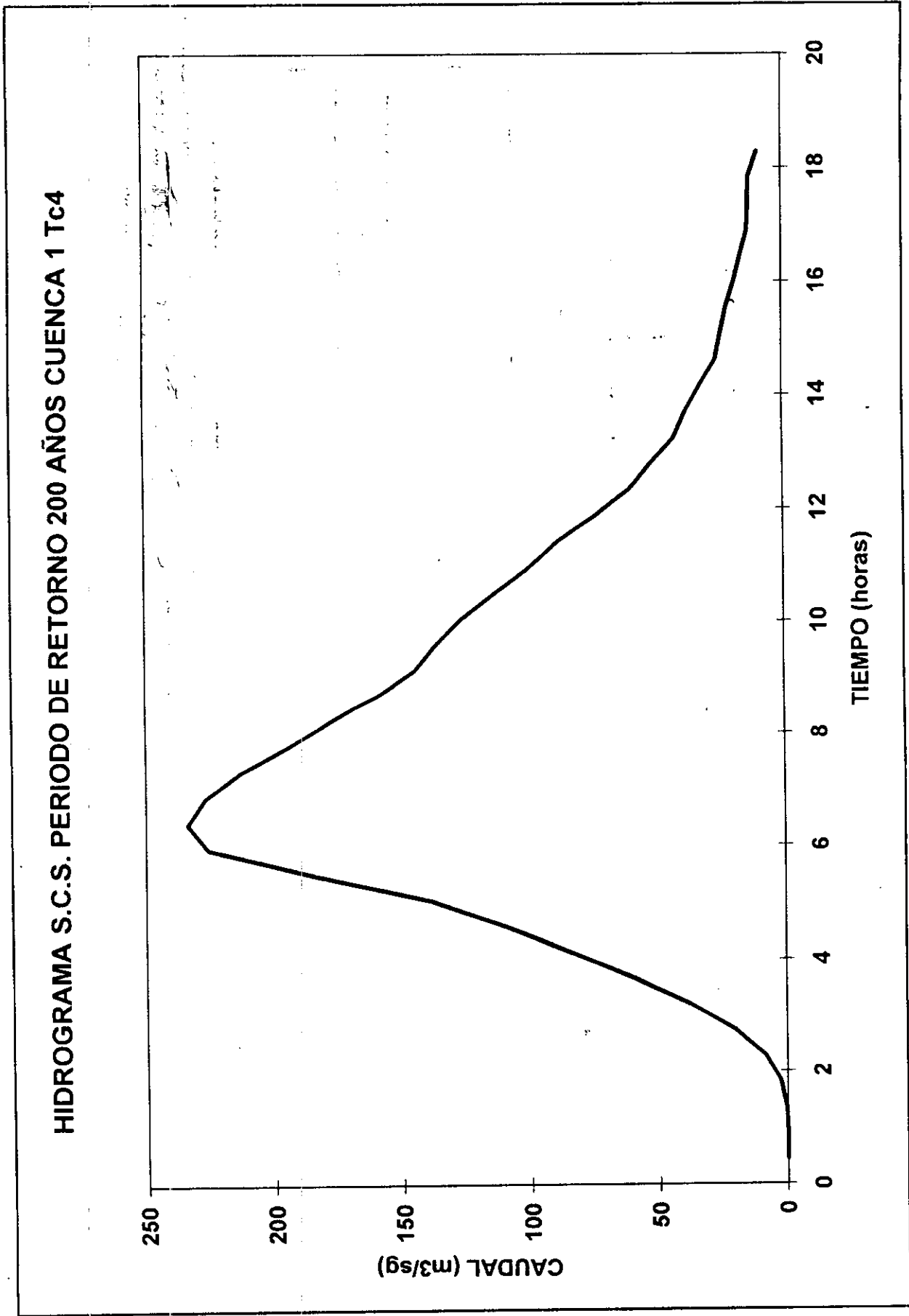


Figura 6.1.5.1.2.1 Hidrograma S.C.S. Cuenca No. 1. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4

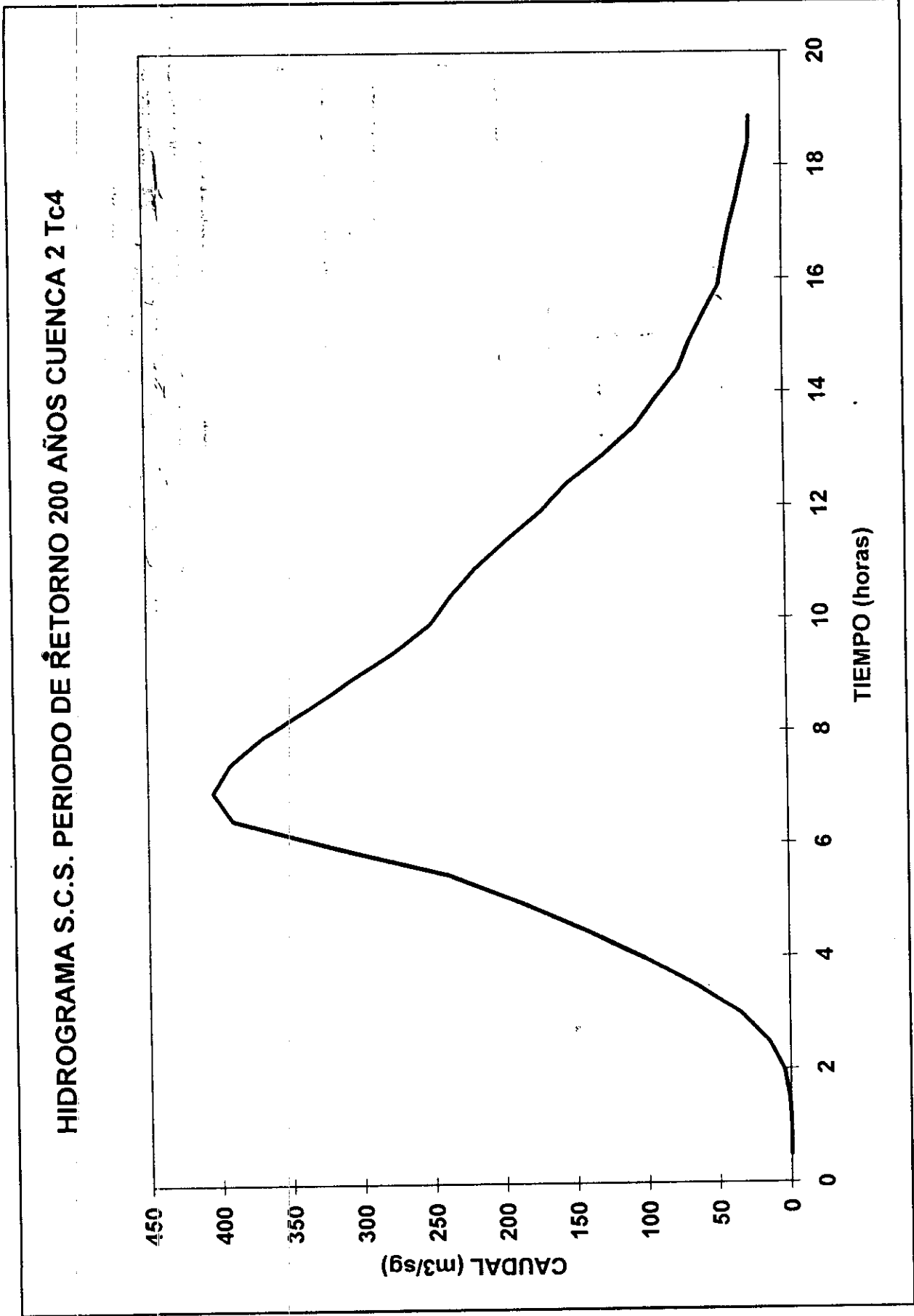


Figura 6.1.5.1.2.2 Hidrograma S.C.S. Cuenca No. 2. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4

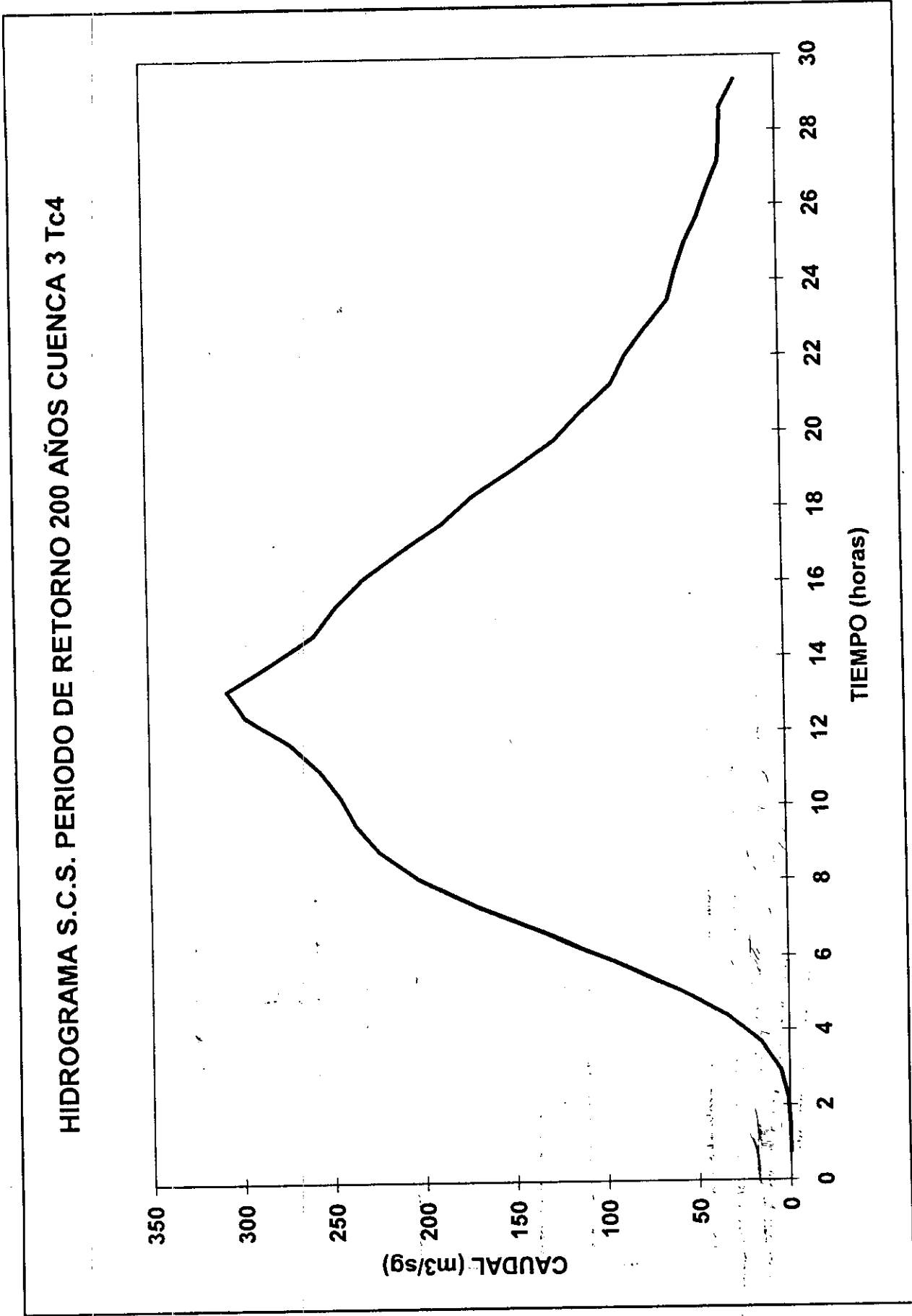


Figura 6.1.5.1.2.3 Hidrograma S.C.S. Cuenca No. 3. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4

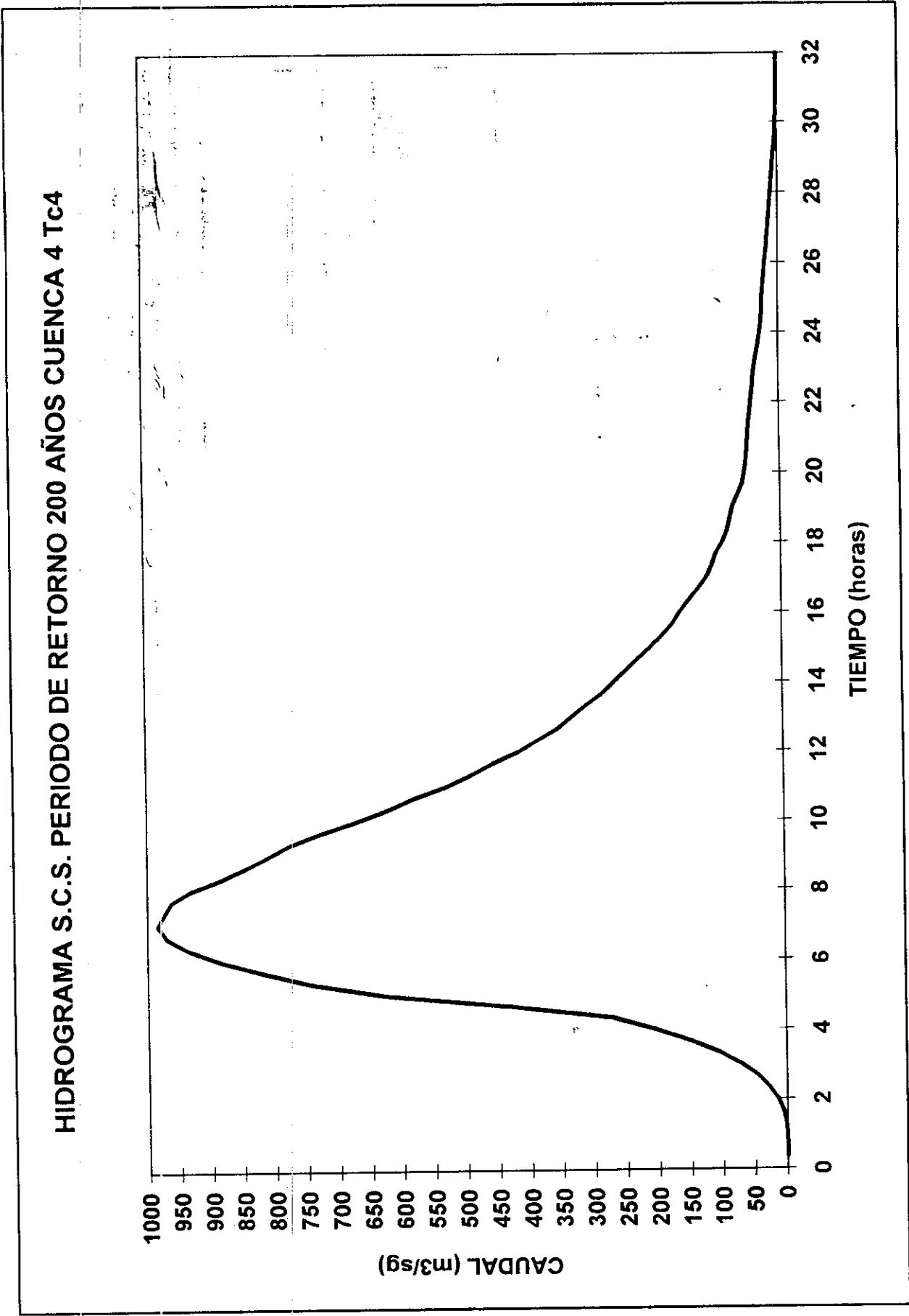


Figura 6.1.5.1.2.4 Hidrograma S.C.S. Cuenca No. 4. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4

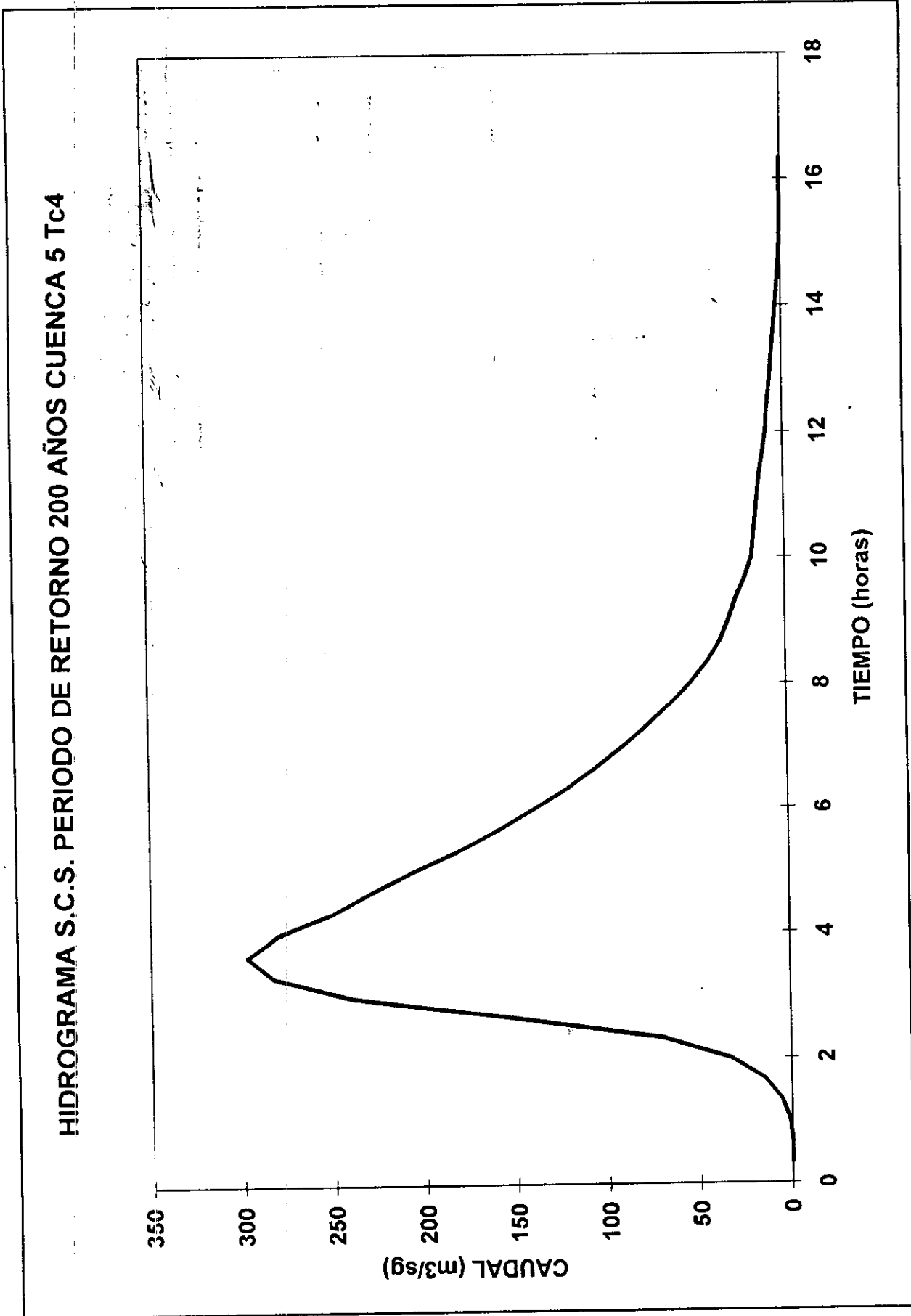


Figura 6.1.5.1.2.5 Hidrograma S.C.S. Cuenca No. 5. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4

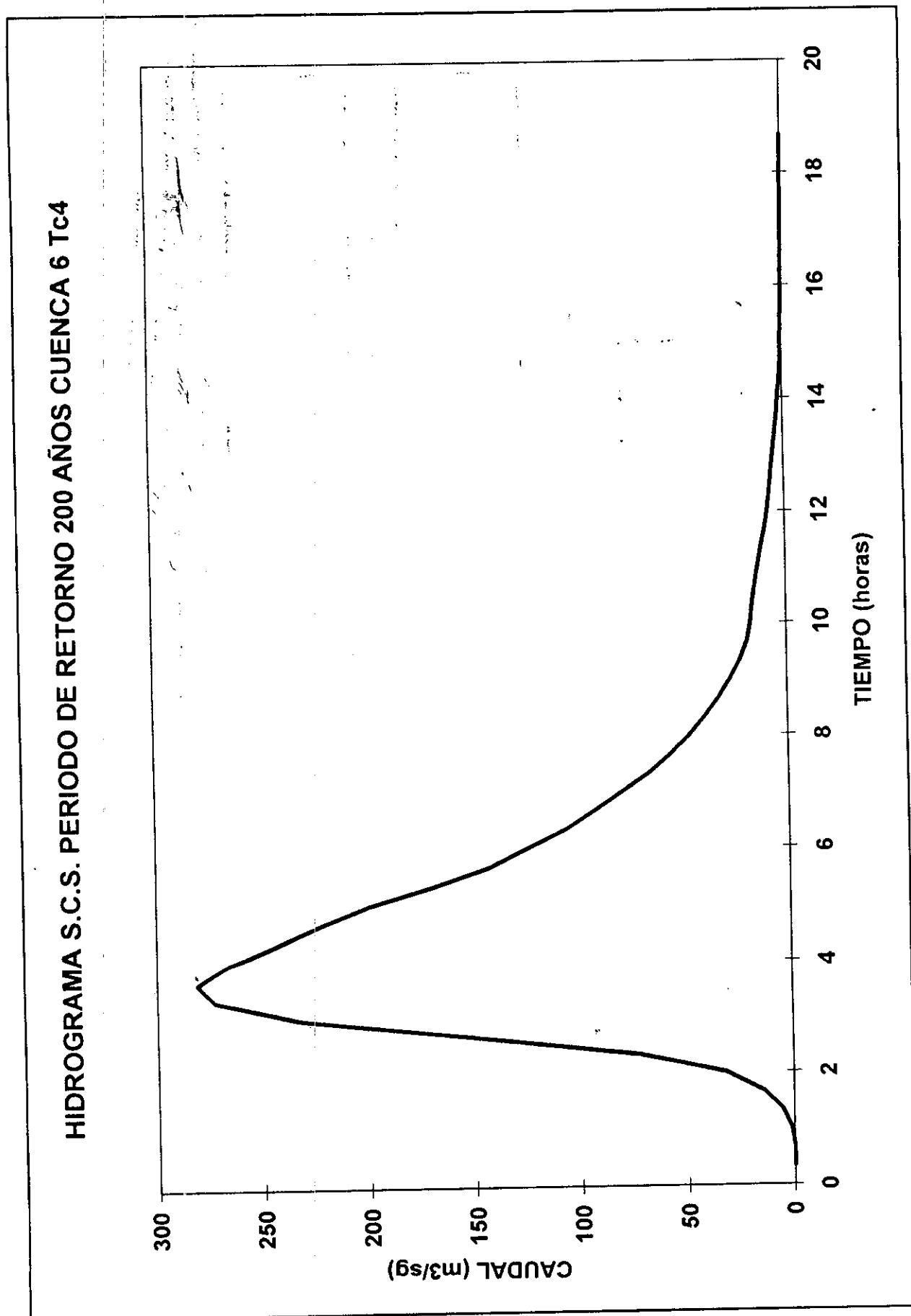


Figura 6.1.5.1.2.6 Hidrograma S.C.S. Cuenca No. 6. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4

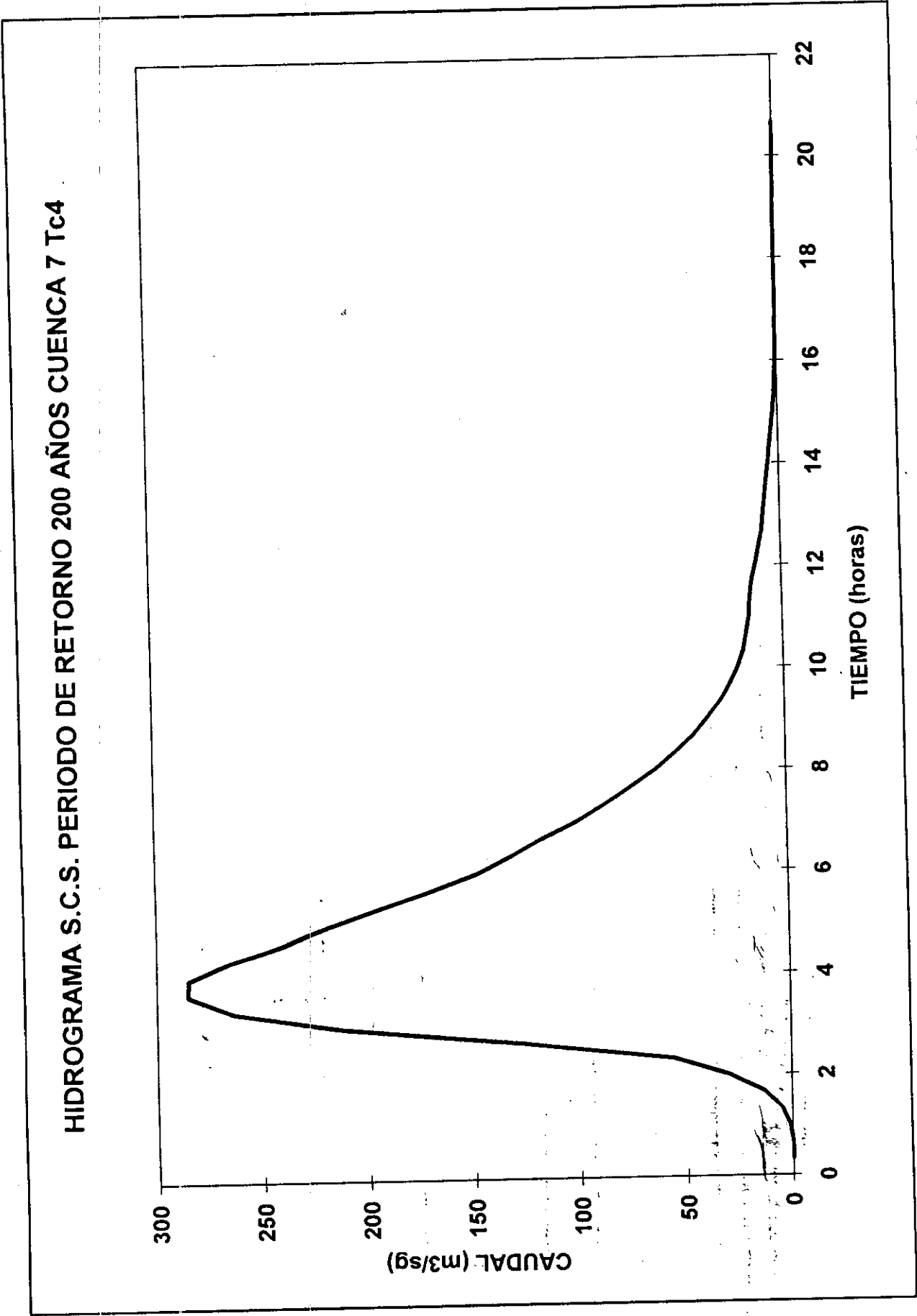
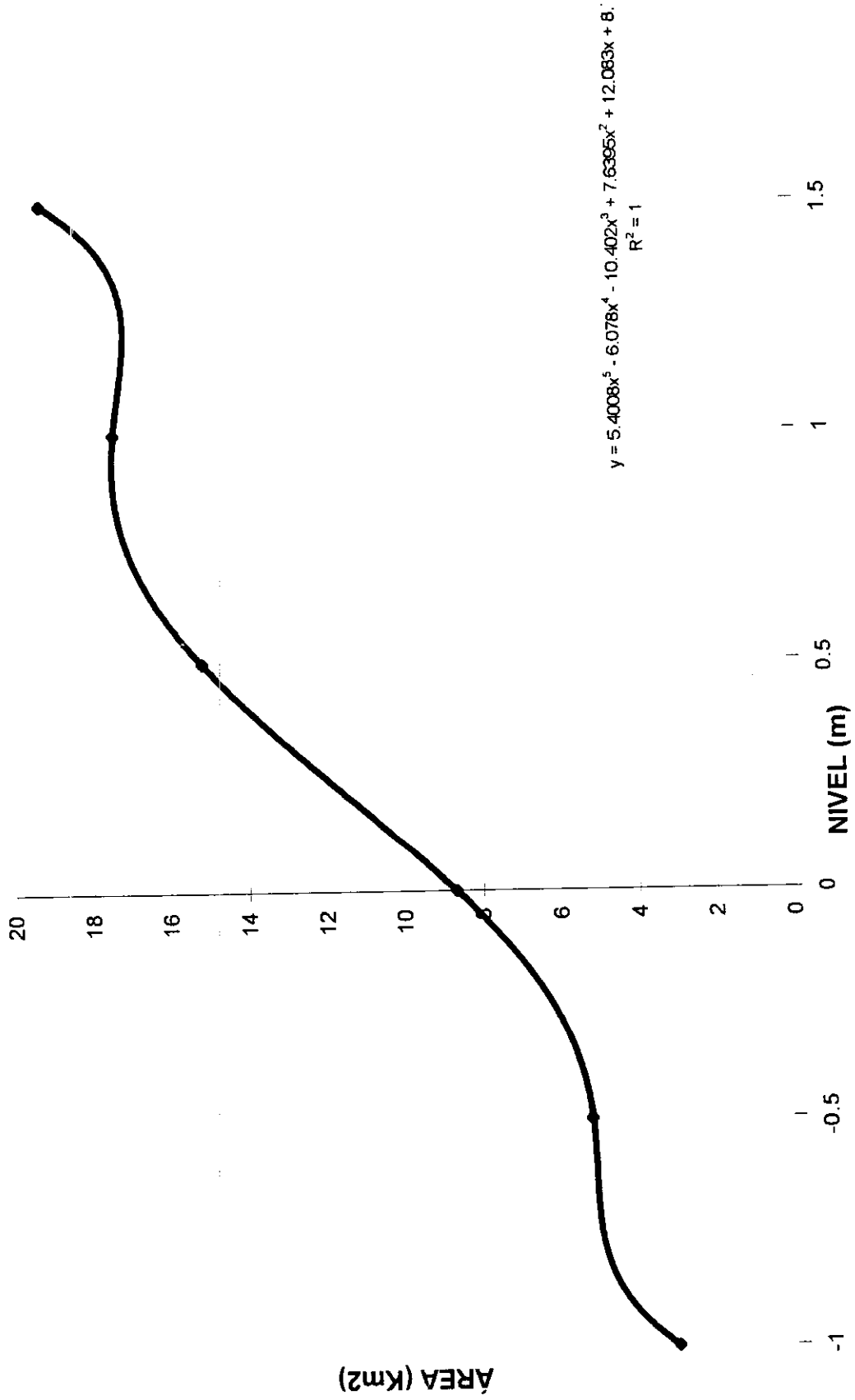


Figura 6.1.5.1.2.7 Hidrograma S.C.S. Cuenca No. 7. Período de Retorno 200 años. Tiempo de Concentración 4



FIG. 6.1.6.1.1 ÁREA INUNDABLE vs. NIVEL



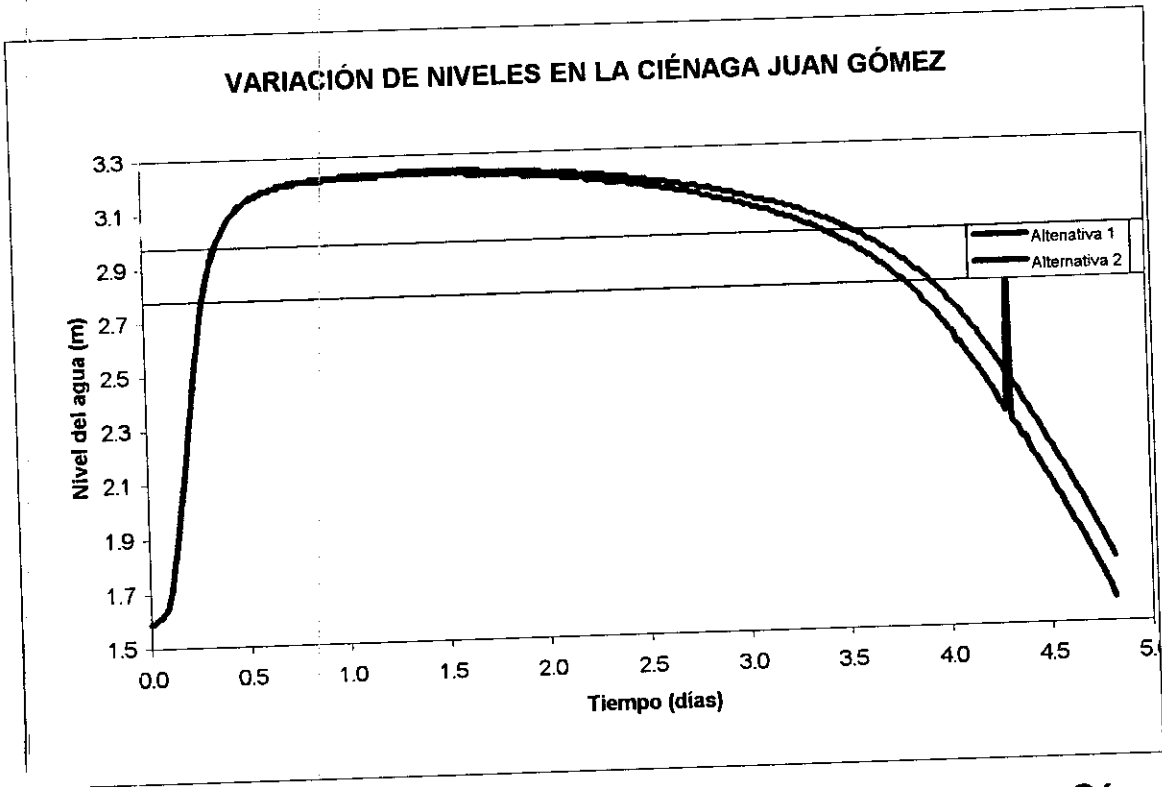


Fig 6.1.6.3.2(a) Variación de Niveles Método Runge Kutta Ciénaga Juan Gómez

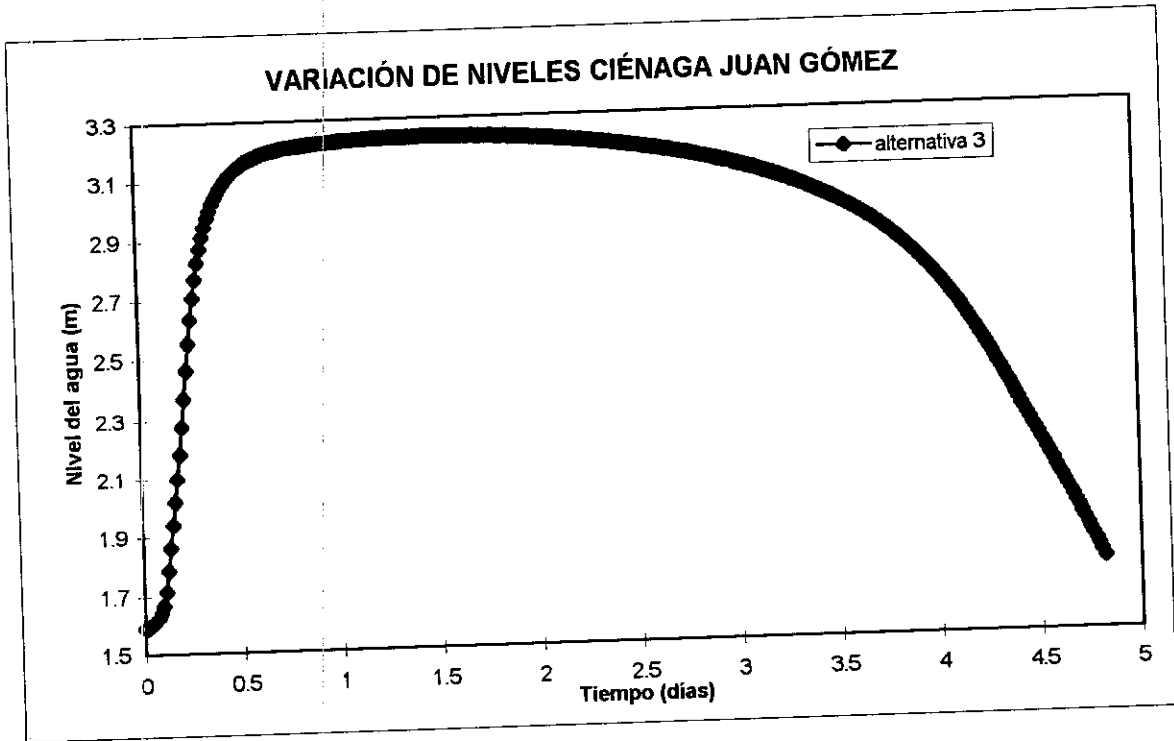


Fig 6.1.6.3.2(b) Variación de Niveles Método Runge Kutta Ciénaga Juan Gómez

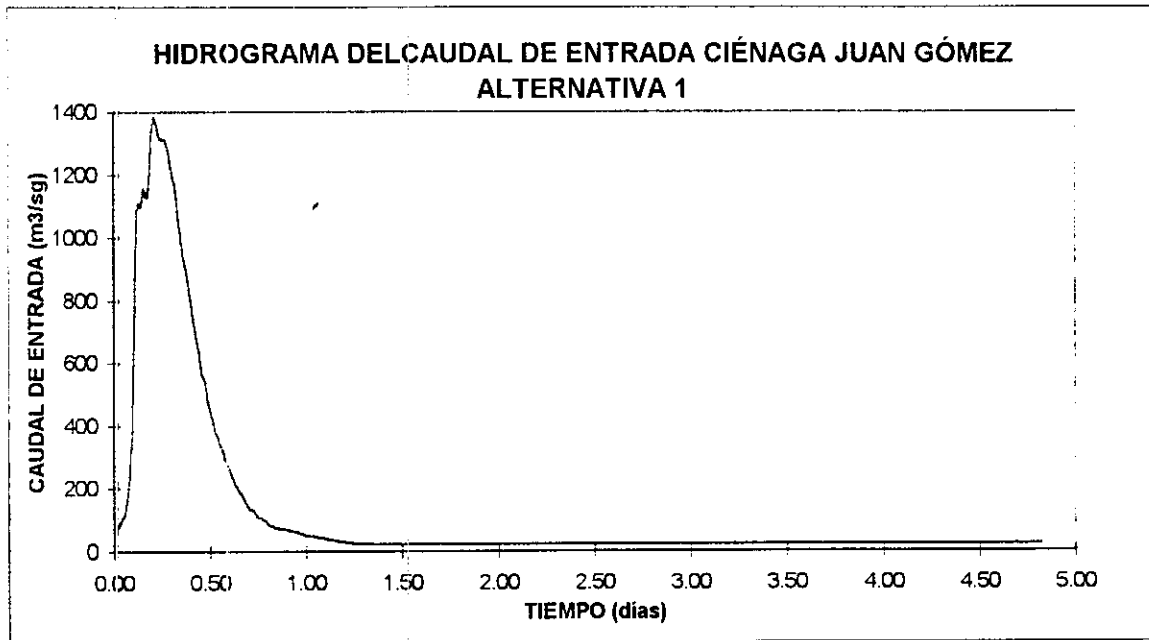


Fig.6.1.6.3.3(a) Hidrograma del Caudal de Entrada para el Tránsito Ciénaga Juan Gómez

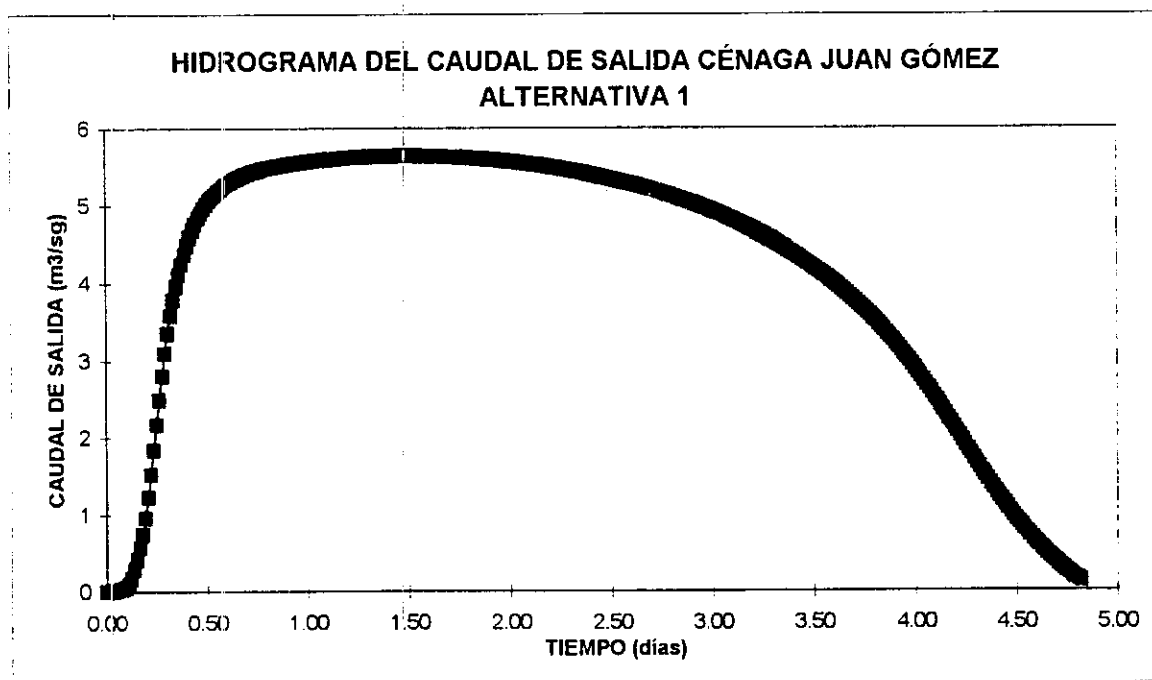


Fig. 6.1.6.3.3(b) Hidrograma del Caudal de Salida para el Tránsito Ciénaga Juan Gómez

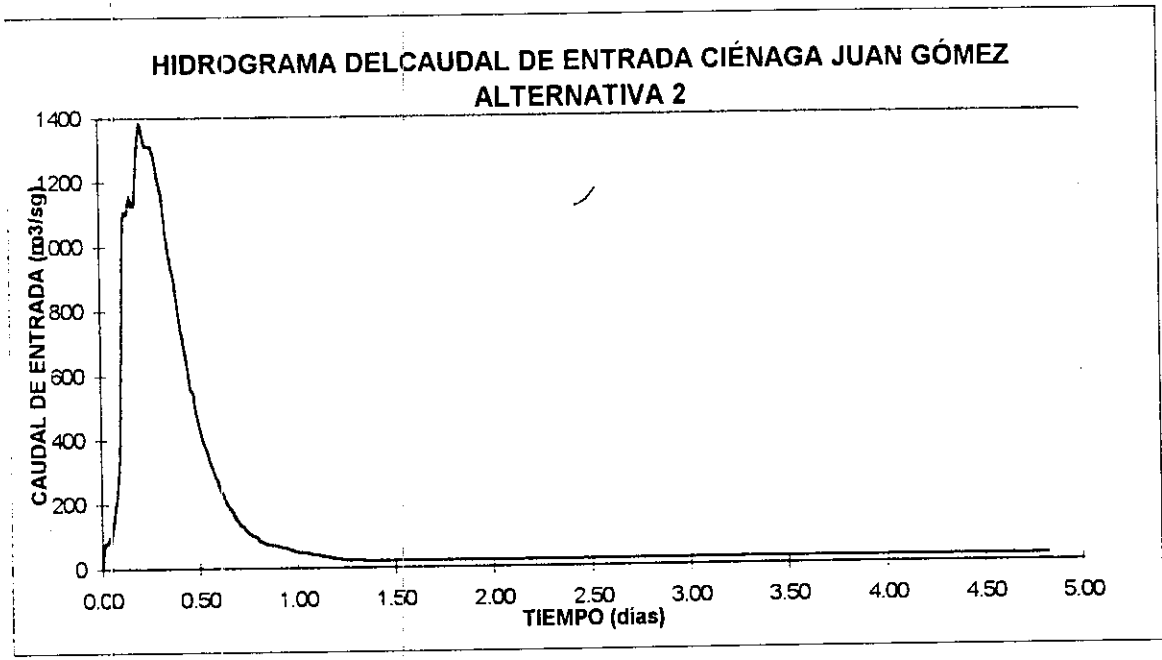


Fig.6.1.6.3.4(a) Hidrograma del Caudal de Entrada para el Tránsito Ciénaga Juan Gómez

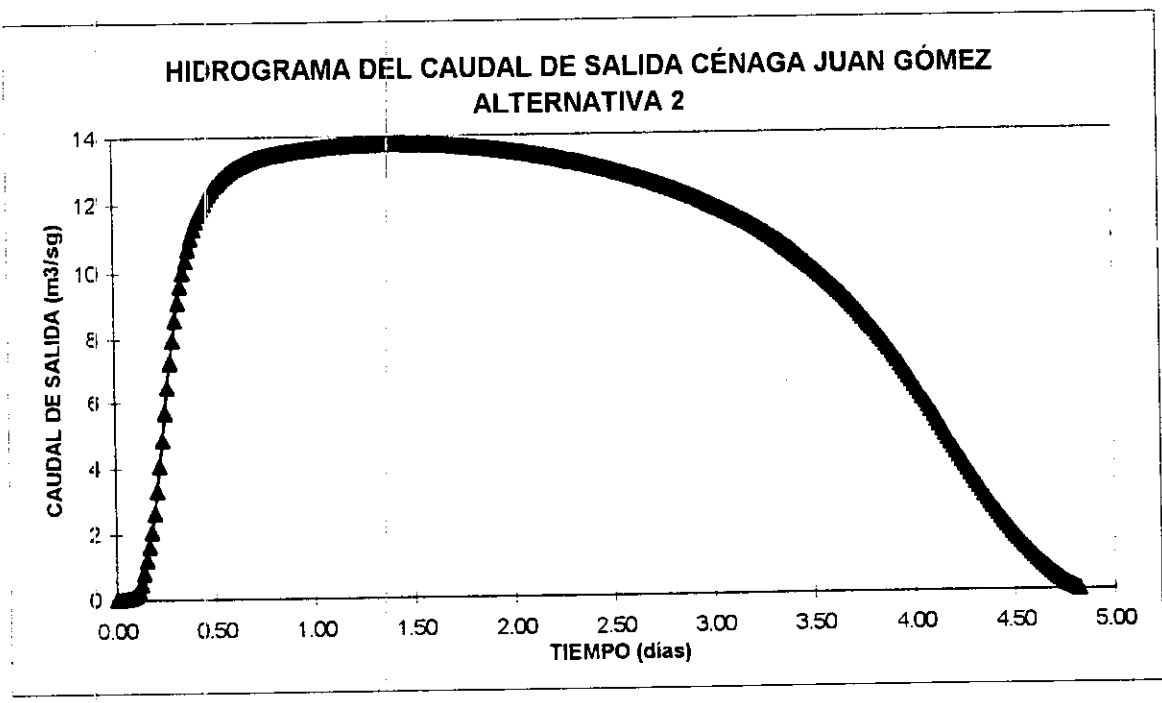


Fig. 6.1.6.3.4(b) Hidrograma del Caudal de Salida para el Tránsito Ciénaga Juan Gómez

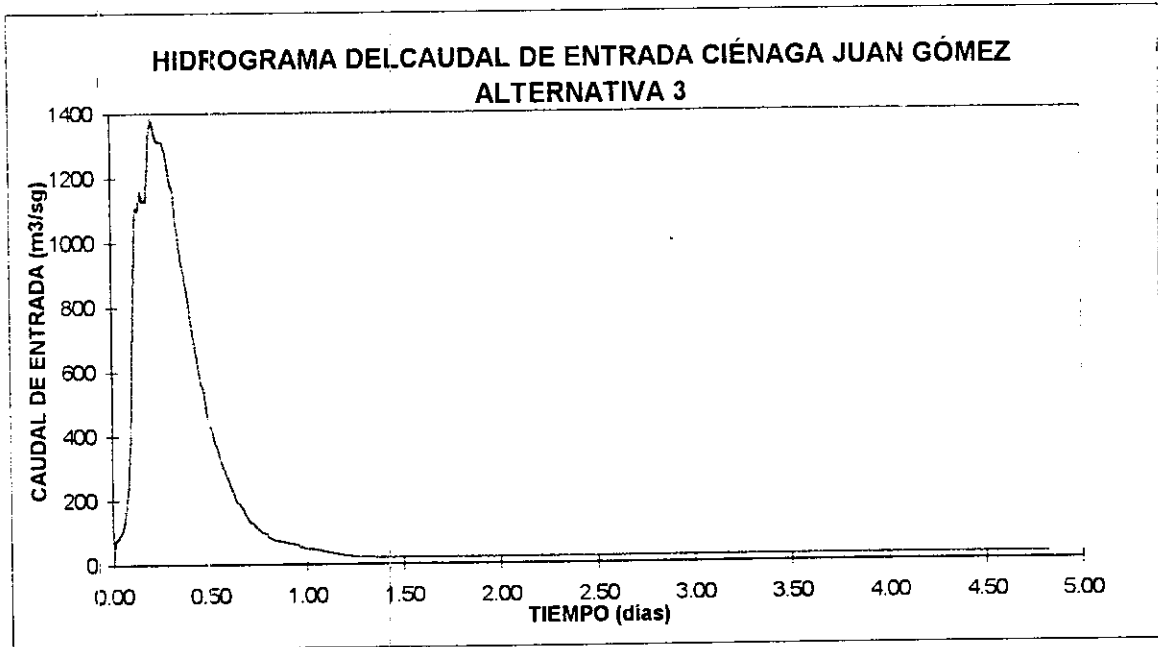


Fig.6.1.6.3.5(a) Hidrograma del Caudal de Entrada para el Tránsito Ciénaga Juan Gómez

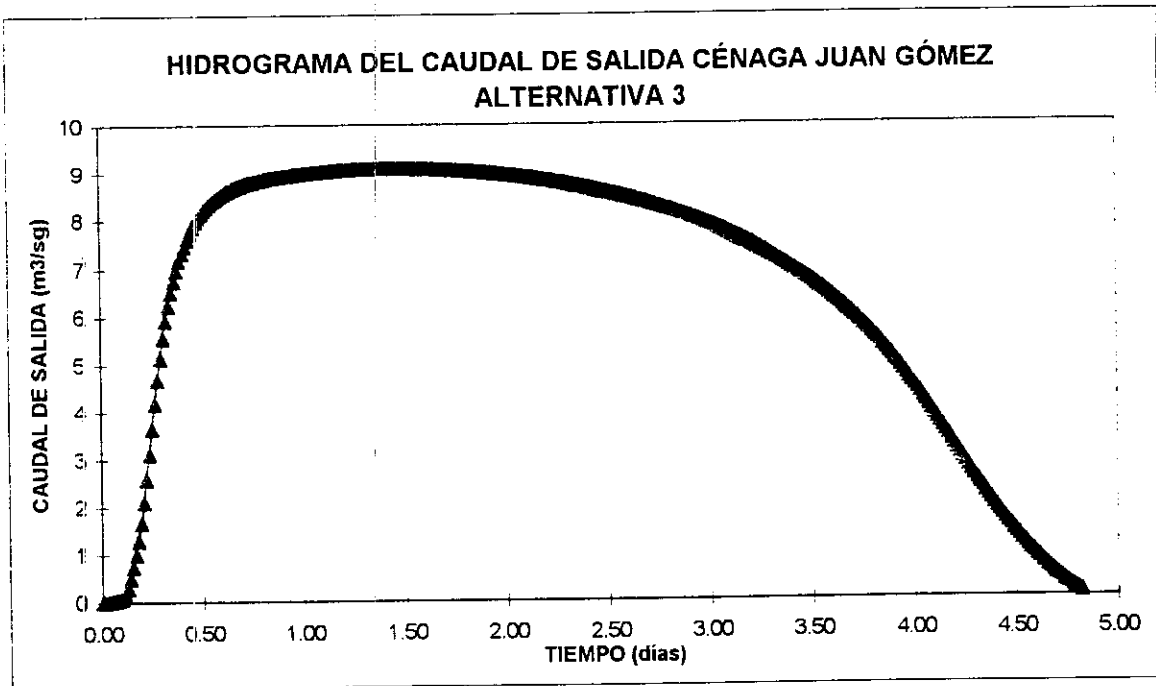


Fig. 6.1.6.3.5(b) Hidrograma del Caudal de Salida para el Tránsito Ciénaga Juan Gómez

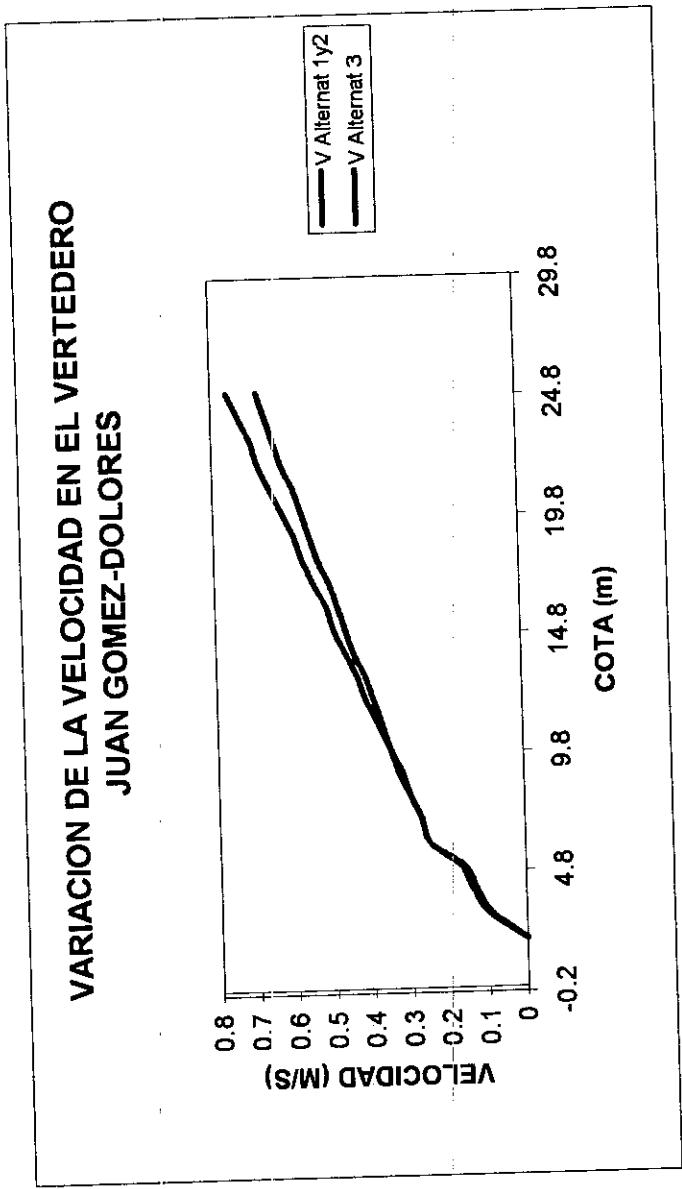


Fig 6.3.3.1 Variación de la Velocidad en diferentes niveles Vertedero de salida Juan Gómez-Dolores

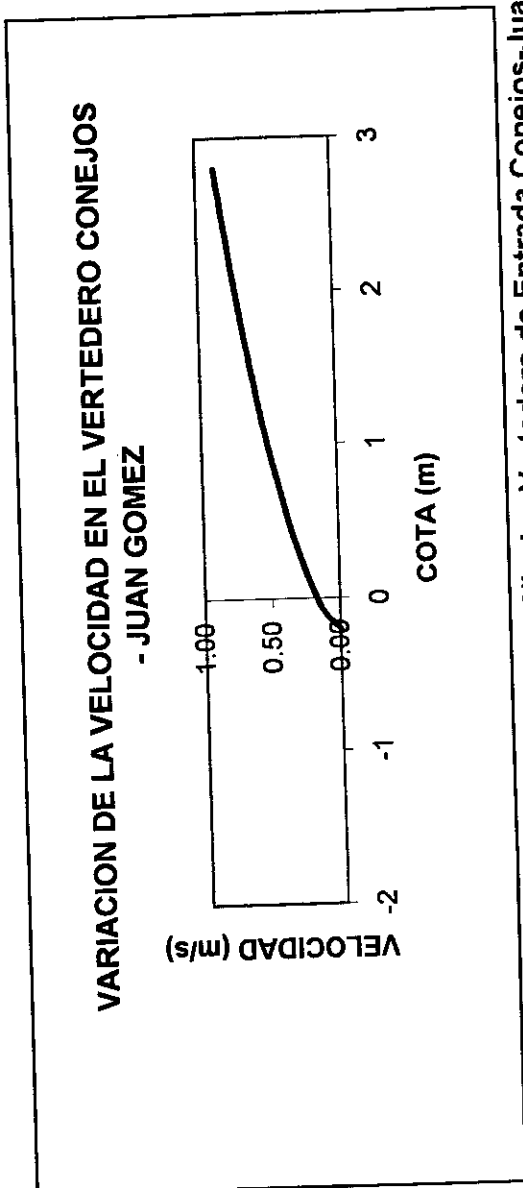


Fig 6.3.3.2 Variación de la Velocidad en Diferentes Niveles Vertedero de Entrada Conejos-Juan Gómez

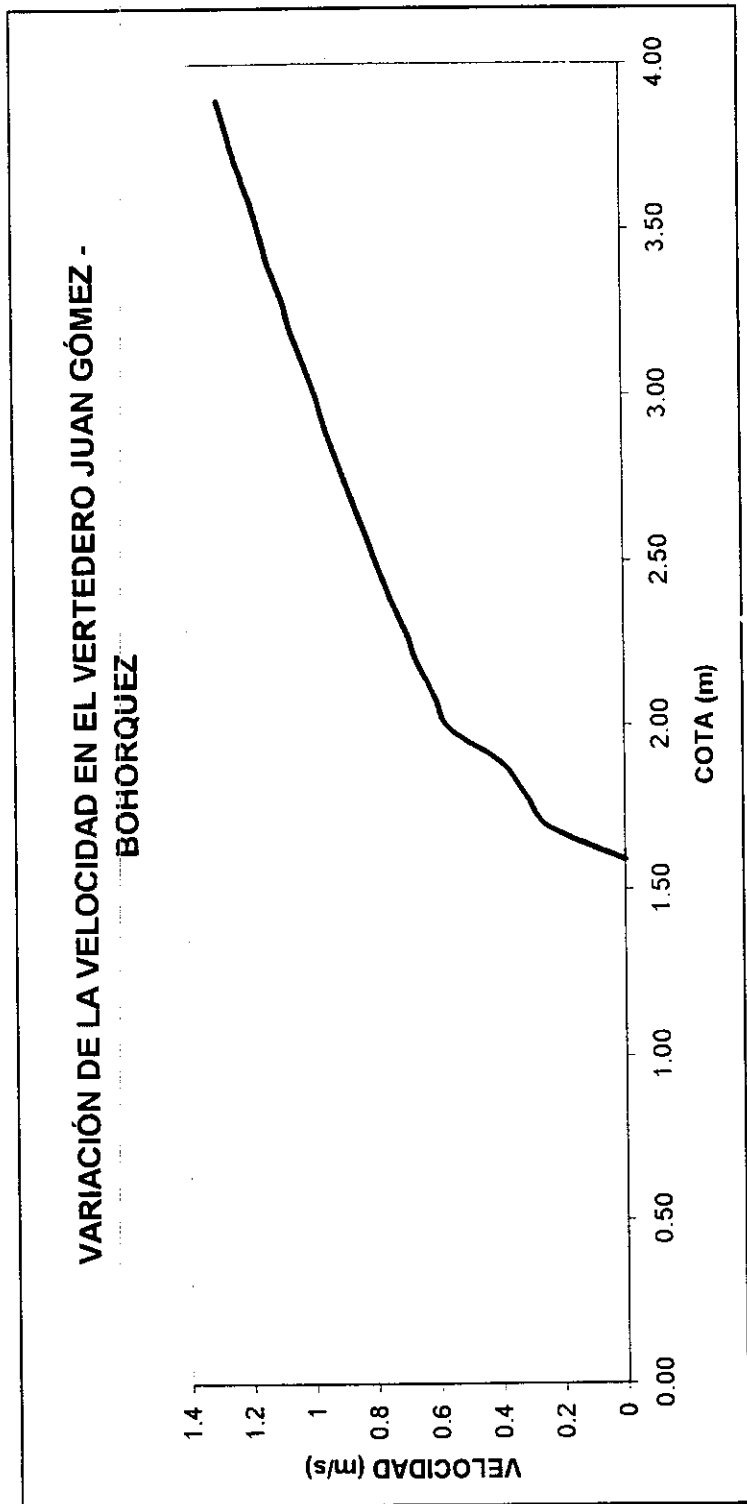
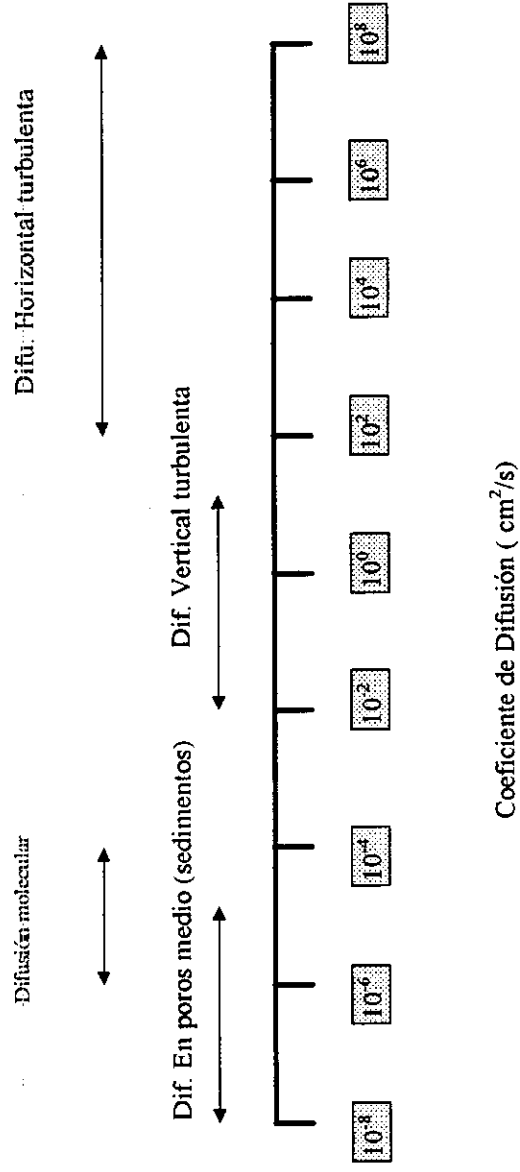


Fig 6.3.3.3 Variación de la Velocidad en Diferentes Niveles Vertedero de Salida Juan Gómez-Bohorquez

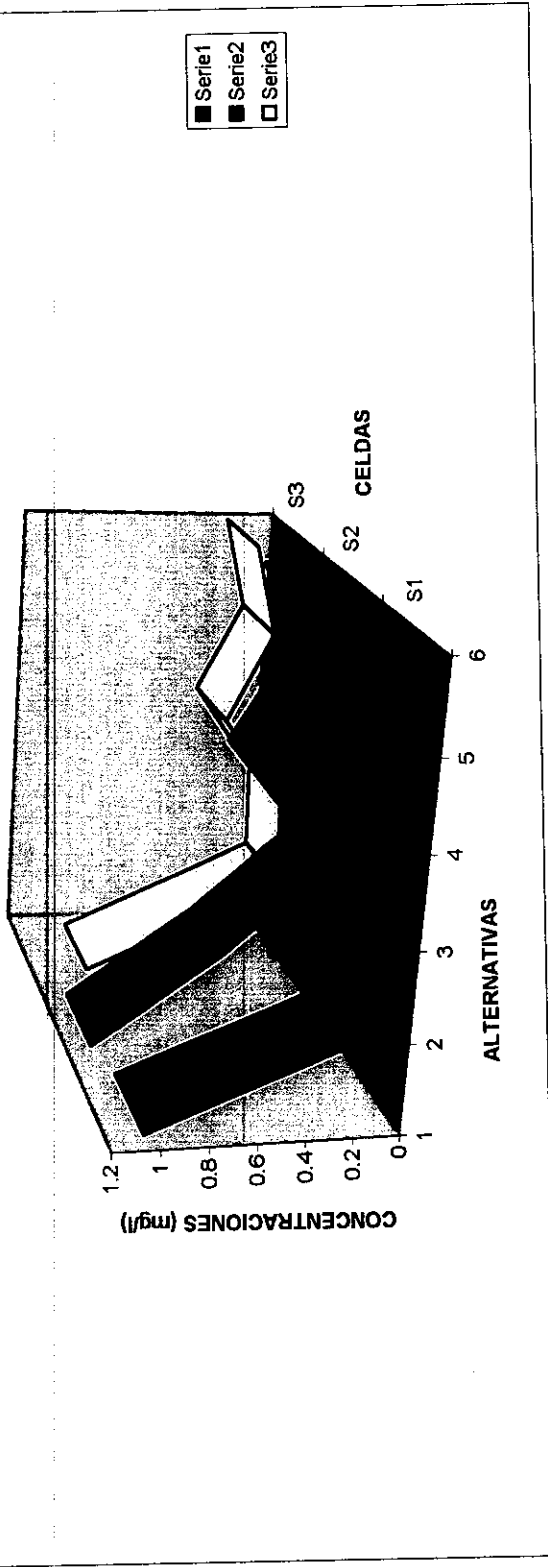
Figura 8.2.1  
RANGOS TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE DIFUSIÓN PARA DIVERSOS PROCESOS  
DE MEZCLA. [31]





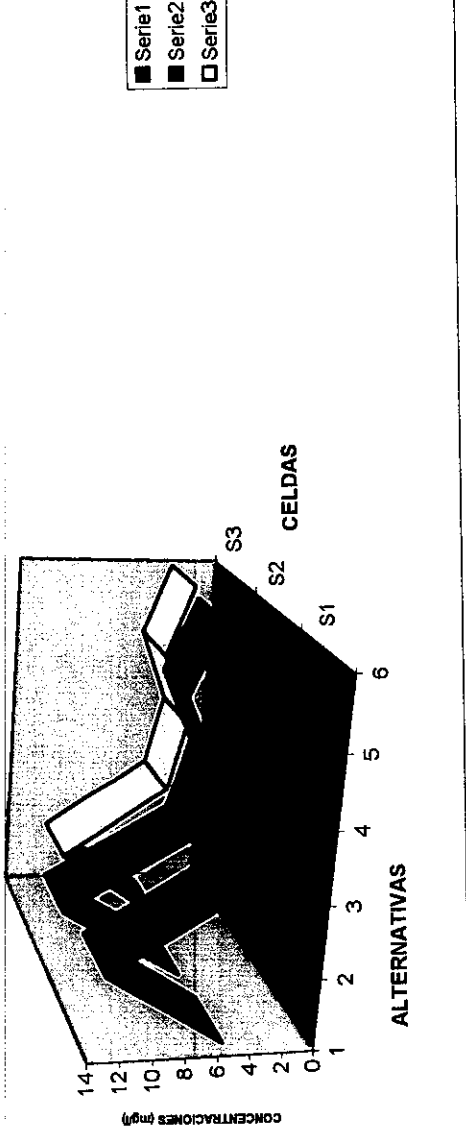
	Alternativa No 1	Alternativa No 2	Alternativa No 3	Alternativa No 4	Alternativa No 5	Alternativa No 6
1	0.553676	0.572982	0.38979	0.74465	0.29562	0.29562
2	0.52354	0.370024	0.35476	0.68474	0.68474	0.68474
3	0.345392	0.364942	0.35476	0.57086	0.57086	0.26657

Figura No 8.2.2  
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO



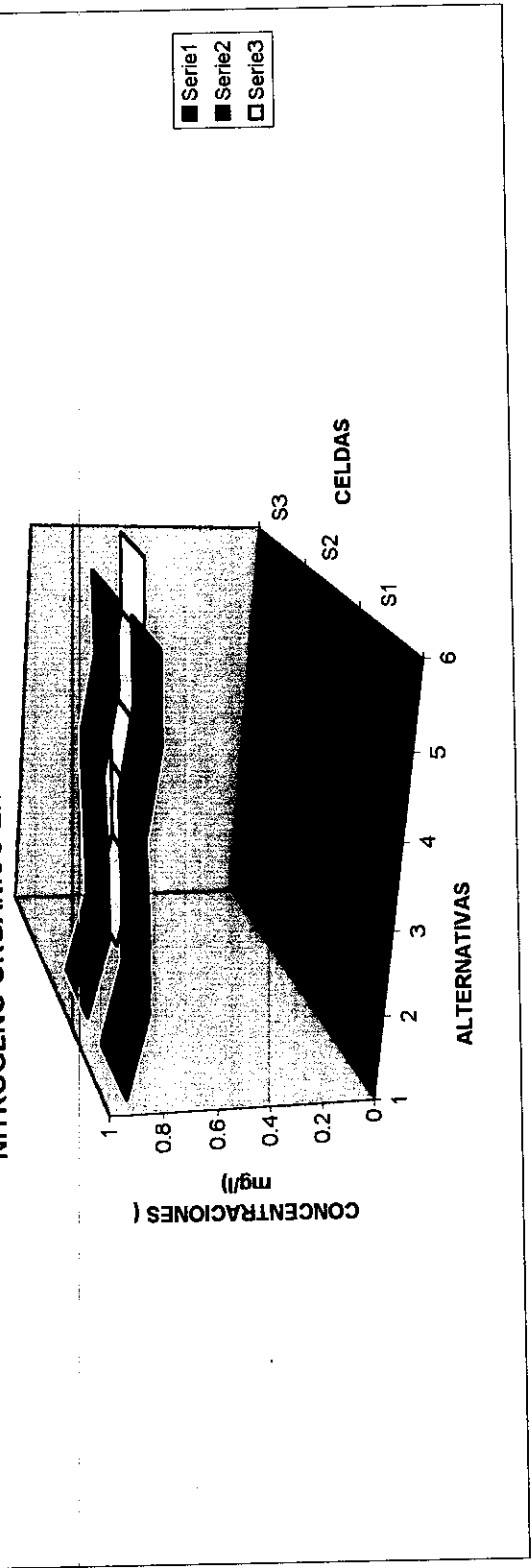
Alternativa No.	Alternativa No. 2	Alternativa No. 3	Alternativa No. 4	Alternativa No. 5	Alternativa No. 6
1	2.8242	3.23793	3.99887	6.57223	6.18989
2	13.4355	5.43555	4.10078	3.33506	4.95974
3	4.539	4.59849	3.49612	5.38667	3.66974

Figura No 8.2.3  
OXÍGENO DISUELTO EN DIFERENTES ESCENARIOS



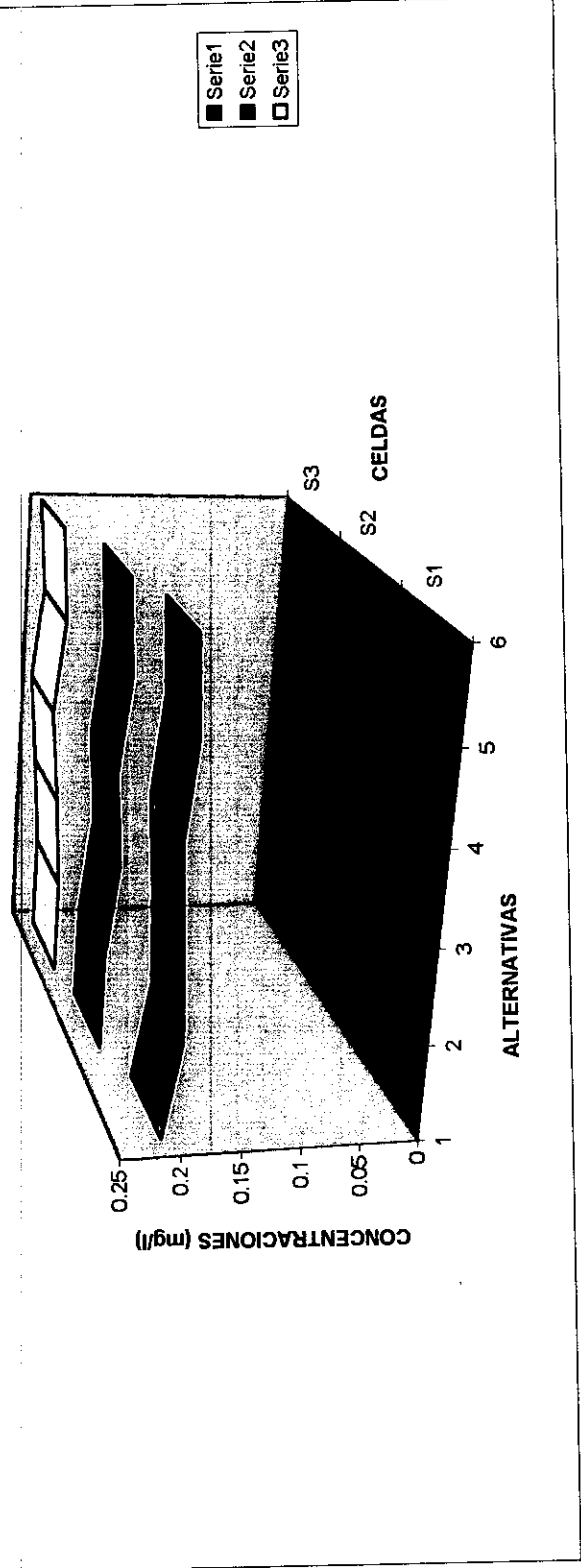
CELDA	Alternativa No 1	Alternativa No 2	Alternativa No 3	Alternativa No 4	Alternativa No 5	Alternativa No 6
1	0.914	0.85	0.87899	0.96888	0.8709	0.8888
2	0.92	0.8516	0.87694	0.94192	0.81977	0.90092
3	0.65592	0.59906	0.62054	0.67070	0.6170	0.67070

Figura No 8.2.4  
NITRÓGENO ORGÁNICO EN DIFERENTES ESCENARIOS



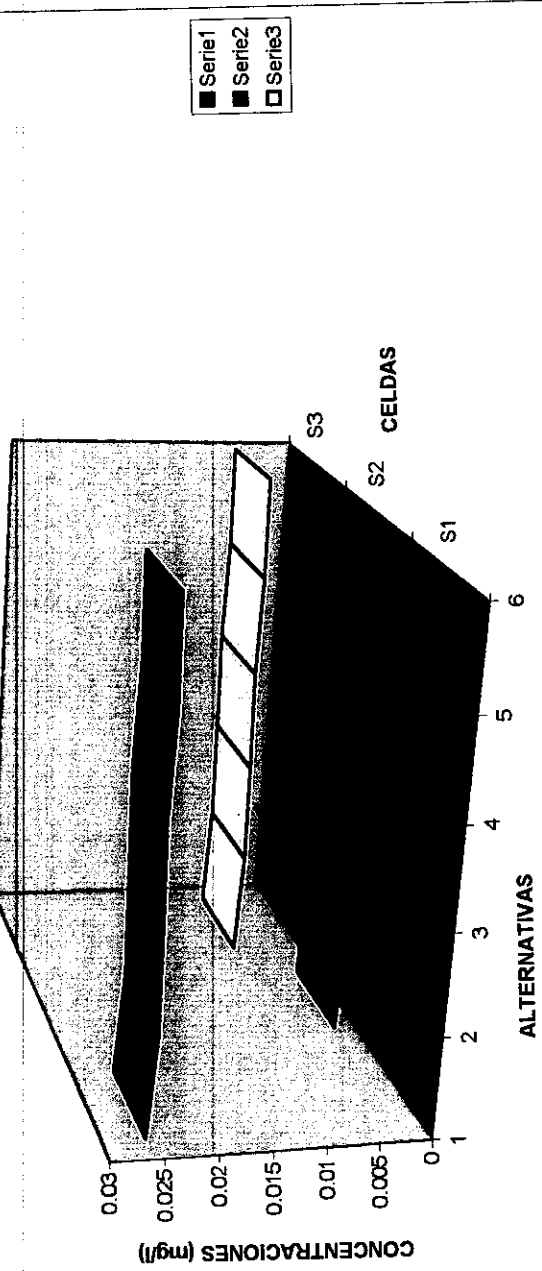
	Alternativa No 1	Alternativa No 2	Alternativa No 4	Alternativa No 5	Alternativa No 6
DEI CAS	0.21	0.25198	0.20888	0.20712	0.23337
2	0.22556	0.21687	0.22502	0.21950	0.23957
3	0.23411	0.23954	0.24709	0.23865	0.24474

Figura No 8.2.5  
NITRÓGENO AMONIAICAL EN DIFERENTES ESCENARIOS



	Alternativa No 1	Alternativa No 2	Alternativa No 3	Alternativa No 4	Alternativa No 5	Alternativa No 6
1	0.026	0.02542	0.02364	0.02393	0.02361	0.02387
2	0.002	0.00177	0.00169	0.00171	0.00169	0.00167
3	0.007	0.00659	0.00676	0.00695	0.00672	0.00688

Figura No 8.2.6  
NITRITO EN DIFERENTES ESCENARIOS



■ Serie1  
■ Serie2  
□ Serie3

	Alternativa No 1	Alternativa No 2	Alternativa No 3	Alternativa No 4	Alternativa No 5	Alternativa No 6
1	3.18049	2.4382	2.67359	3.06652	2.6653	2.94225
2	3.30062	2.51259	2.76547	3.13959	2.7479	2.96606
3	2.71565	2.06489	2.25941	2.61317	2.25128	2.50095

Figura No 8.27

NITRATOS EN DIFERENTES ESCENARIOS

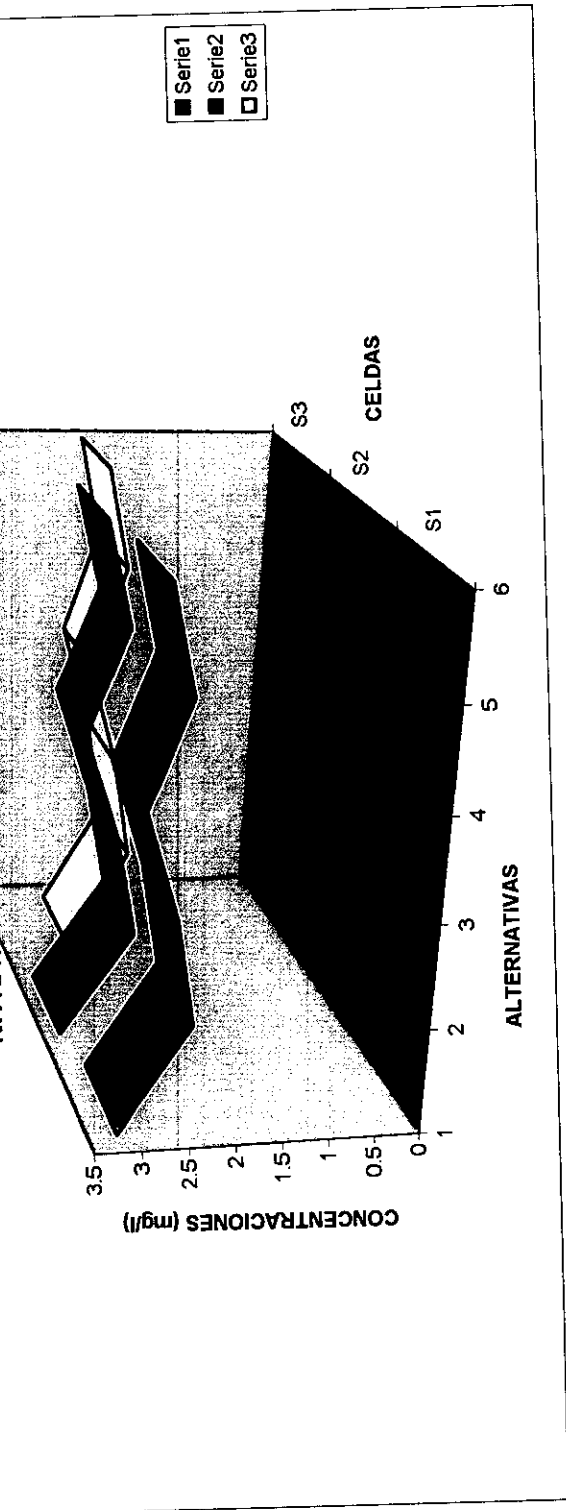
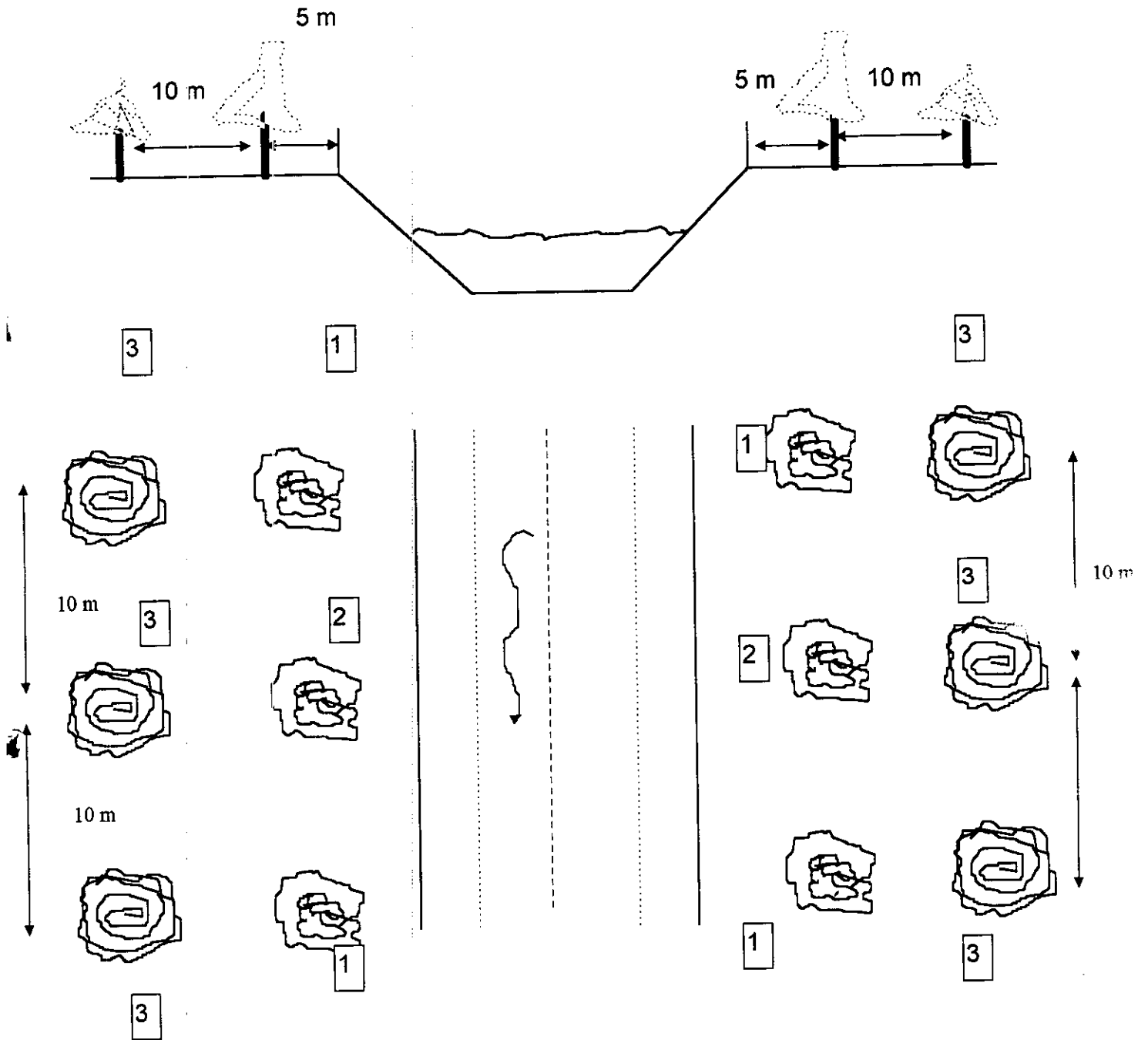


Figura 8.2.8 PLAN DE RECUPERACIÓN DE HUMEDALES Y REFORESTACIÓN (27)



Codigo	Tipo	Especie
1	Arbol 10 m	Encenillo, Urapan
2	Arbusto 4 m	Laurel, cordoncillo
3	Arbusto 2 m	Ciro, Corono