



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS**

Departamento de Ciencias Químicas y Ambientales

**“MODELAMIENTO DEL CAUDAL ECOLÓGICO DEL RÍO**

**DAULE: SECTOR PLANTA LA TOMA”**

Tesis de Grado previa la obtención del Título de:

**MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES**

Presentado Por:

**Ing. Leopoldo Humberto Moreno Vera**

Director:

**David Enrique Matamoros Camposano, PhD**

Guayaquil - Ecuador

2012

## **AGRADECIMIENTO**

Compañeros, profesores y amigos que colaboraron de una u otra forma.

## **DEDICATORIA**

A Dios, y a mi familia por todo su apoyo y soporte durante toda mi vida, y por darme

las fuerzas y ánimos de continuar con este proyecto.

Hay hombres que luchan un día y son buenos.

Hay otros que luchan un año y son mejores.

Hay quienes luchan muchos años, y son muy buenos.

Pero hay los que luchan toda la vida, esos son los imprescindibles.

*Bertolt Brecht*

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. José Chang

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

---

Ph.D. Paola Almeida

COORDINADORA DE LA MAESTRÍA

---

Ph.D. David Matamoros C.

DIRECTOR DE TESIS

---

PhD. Fernando Morante.

VOCAL PRINCIPAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL)

---

Ing. Leopoldo Humberto Moreno Vera

## RESUMEN

La presente tesis determinará el caudal ecológico apropiado para el río Daule en un sitio de estudio considerando las preferencias de una especie biológica en particular usando el modelo Physical Habitat Simulation Software (PHABSIM)."

El alcance técnico del presente estudio se enfoca en la determinación del caudal ecológico idóneo para el río Daule mediante el uso de la metodología IFIM y el Software PHABSIM. Lo anterior se lo ha realizado en base a los requerimientos bióticos de una de las especies más sensibles del cuerpo fluvial, en un estadio de vida determinado

El presente documento está estructurado de la siguiente manera:

El **Capítulo 2 - Metodología IFIM (Instream Flow Incremental Methodology)**, describe una metodología comúnmente usada para el desarrollo del modelo de caudal ecológico PHABSIM (Physical Habitat Simulation Software), el cual será usado para simular los requerimientos bióticos e hidráulicos de sitio de interés.

En el **Capítulo 3 – Descripción General del Entorno** se describirán las características físicas, bióticas y socioeconómicas de área; tomando en consideración para el aspecto abiótico: clima, geología, geomorfología, hidrología,

batimetría (secciones transversales), calidad de agua; dentro del componente biótico general se hará una descripción de la flora y fauna del sitio, y de igual manera para el componente socioeconómico donde se indicarán generalidades del cantón Guayaquil, siendo más específico en el área de interés y los actores sociales principales.

El **Capítulo 4 - Physical Habitat Simulation Software (PHABSIM)**, describe paso a paso las bases, toma de datos, simulación hidráulica, simulación de velocidades, incorporación de las curvas de preferencia y el cálculo del hábitat, y finalmente un análisis de resultados.

En las **Conclusiones y Recomendaciones**, donde se pudo confirmar la hipótesis planteada, donde se verificó que el caudal ecológico para el río Daule en el sector de La Toma, adecuado para la especie Bocachico se encuentra entre los 200 y 550m<sup>3</sup>/s. Adicionalmente se ratificó además que el consumo de la Planta de Captación y Tratamiento de Agua Potable La Toma, que es aproximadamente de 12m<sup>3</sup>/s, es un caudal mínimo comparado con los del Río Daule, y por ende no afectaría tampoco a los requerimientos bióticos de la especie Bocachico.



# INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN .....	IV
DECLARACIÓN EXPRESA .....	V
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
ÍNDICE DE TABLAS .....	XXII
ABREVIATURAS .....	XXV
CAPITULO 1: .....	INTRODUCCIÓN
.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	9
1.3 HIPÓTESIS.....	20
1.4 OBJETIVOS.....	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos	20

1.5	ALCANCE.....	21
1.5.1	Alcance Geográfico	21
1.5.2	Alcance Técnico	22
1.6	ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	23
<b>CAPITULO 2: ..... METODOLOGÍA IFIM (INSTREAM FLOW INCREMENTAL</b>		
<b>METHODOLOGY).....</b>		<b>25</b>
2.1	FASE 1 – IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	26
2.1.1	Análisis Legal e Institucional	27
2.1.2	Análisis Físico	28
2.1.2.1	Macro-hábitat	29
2.1.2.2	Meso-hábitat	31
2.1.2.3	Micro-hábitat	34
2.2	FASE 2 - PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....	36
2.2.1	Componente Socioeconómico	36
2.2.2	Régimen de Caudales	36
2.2.3	Información Biológica	36
2.2.4	Cronograma	37
2.3	FASE 3 – DESARROLLO MODELO PHABSIM.....	37
2.4	FASE 4 – ANALISIS DE ALTERNATIVAS .....	43

2.4.1	Serie Temporal de Hábitat (STH)	43
2.4.2	Curvas de Duración de Hábitat (CDH)	44
2.4.3	Hábitat Total Acumulado (HTA)	44
2.5	FASE 5 – SOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....	47

**CAPITULO 3: ..... DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO**

	.....	<b>49</b>
3.1	COMPONENTE FÍSICO.....	49
3.1.1	Climatología	49
3.1.1.1	Temperatura Media	51
3.1.1.2	Precipitación	52
3.1.1.3	Condición El Niño vs Precipitaciones	54
3.1.1.4	Humedad Relativa	57
3.1.1.5	Evaporación	58
3.1.1.6	Tensión de Vapor	60
3.1.1.7	Punto de Rocío	61
3.1.1.8	Heliofanía	62
3.1.1.9	Nubosidad	63
3.1.1.10	Dirección y Velocidad del Viento	64
3.1.2	Geología	65
3.1.3	Geotécnica	68

3.1.4	Geomorfología Fluvial de la Cuenca del Guayas	69
3.1.4.1	Erosión.	75
3.1.4.2	Suelos	77
3.1.5	Hidrología	80
3.1.5.1	Descripción del estuario río Daule- río Guayas	80
3.1.5.2	Tributarios principales aguas abajo del río Daule	83
3.1.5.3	Caudales	86
3.1.5.3.1	Análisis de Caudales del río Daule .....	86
3.1.5.3.2	Análisis de Caudales de Captación de Agua La Toma .....	96
3.1.5.4	Mareas	97
3.1.5.5	Perfil Batimétrico (Secciones Transversales)	102
3.1.5.5.1	ST0 – Sector Unilever Andina (Descarga de Efluentes Planta La Toma de Interagua) .....	106
3.1.5.5.2	ST1150 – Sector Dos Reberas .....	107
3.1.5.5.3	ST2330 - Estación de bombeo de agua de la Planta La Toma.....	107
3.1.5.5.4	ST3180 - Aguas Arriba del sitio de captación de agua de la Planta La Toma	108
3.1.5.6	Corrientes	109
3.1.6	Calidad de Agua	133
3.1.7	Calidad de Sedimentos	149
3.2	COMPONENTE BIÓTICO.....	152
3.2.1	Hábitat	152

3.2.2	Fauna Acuática	158
3.2.2.1	Metodología	158
3.2.2.2	Ictiofauna	160
3.2.2.2.1	Especies y su Abundancia.....	160
3.2.2.2.2	Bocachico (Ichthyoelephas humeralis) .....	181
3.2.2.2.3	Preferencias Bióticas .....	197

**CAPITULO 4: .....PHYSICAL HABITAT SIMULATION SOFTWARE (PHABSIM)**

	.....	<b>199</b>
4.1	PROGRAMA DE MODELAMIENTO PHABSIM.....	199
4.2	TOMA DE DATOS DE CAMPO .....	201
4.2.1	Levantamiento Topográfico (Secciones transversales)	201
4.2.1.1	Nivel de Caudal Cero (NCC) (Stage of Zero Flow – SZF)	203
4.2.1.2	Nivel de la Superficie Libre (NSL)	204
4.2.1.3	Profundidad	205
4.2.2	Medición de Velocidades	205
4.2.3	Descripción de Atributos	209
4.2.3.1	Sustrato	210
4.2.3.2	Cobertura	210
4.3	SIMULACIÓN HIDRAÚLICA .....	211
4.3.1	Simulación de los Niveles de Superficie Libre (NSL)	212

4.3.1.1	STGQ	214
4.3.1.2	MANSQ	216
4.3.1.3	WSP	217
4.3.2	Simulación de las Velocidades Medias de Cada Celda	219
4.3.2.1	1-Vel	221
4.3.2.2	3-Vel	223
4.3.2.3	No-Vel	224
4.4	CURVAS DE PREFERENCIA .....	224
4.4.1	Curvas de Preferencia	224
4.5	CALCULO DEL HÁBITAT ACUÁTICO .....	226
4.5.1	HABTAE	231
4.6	RESULTADOS MODELAMIENTO PHABSIM - HABTAE .....	232
4.6.1	Datos de Campo	233
4.6.2	Curvas de Preferencia	241
4.6.2.1	Profundidad	241
4.6.2.2	Velocidad	242
4.6.2.3	Sustrato	243
4.6.3	Simulación Hidráulica	244
4.6.3.1	Niveles de Superficie Libre	247
4.6.3.2	Velocidades Medias	251

4.6.4	HABTAE	254
4.6.4.1	Resultados del Hábitat (Atributos)	256
4.6.4.1.1	Área .....	256
4.6.4.1.2	Profundidad .....	261
4.6.4.1.3	Velocidad .....	266
4.6.4.1.4	Sustrato .....	271
4.6.4.2	Resultados del WUA	276
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>284</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>290</b>
<b>ANEXO 1. INFORMACIÓN PARA MODELO PHABSIM.....</b>		<b>315</b>
<b>ANEXO 2. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA (GRUPO QUÍMICO MARCOS).....</b>		<b>316</b>
<b>ANEXO 3. FORMATO ENCUESTAS REALIZADAS.....</b>		<b>317</b>
<b>ANEXO 4. MAPA DE SECCIONES TRANSVERSALES.....</b>		<b>318</b>
<b>ANEXO 5. MAPAS TEMÁTICOS .....</b>		<b>319</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Procedimiento Genérico para establecer Regímenes de Cuadales Ambientales (RAC) .....	2
Figura 2. Esquema de evaluación eco-hidráulica espacio-temporal del habitat fluvial enfocada a la determinación Regímenes de Cuadales Ecológicos (REC) .....	6
Figura 3. Represa Daule – Peripa y Central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind .....	11
Figura 4. Impactos de la Presa Daule - Peripa.....	13
Figura 5. Planta Potabilizadora de Agua La Toma - Interagua.....	17
Figura 6. Alcance Geográfico .....	22
Figura 7. Metodología IFIM.....	26
Figura 8. Clasificación Jerarquizada del Meso-hábitat Fluvial (Diagrama) .....	32
Figura 9.. Clasificación Jerarquizada del Meso-hábitat Fluvial (Gráfica) .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
Figura 10. Modelo Conceptual PHABSIM (tridimensional y bidimensional).....	38
Figura 11. Ejemplo de Evaluación del Hábitat Acuático para distintos estadios de vida de la ictiofauna objetivo sobre el río Sorbe (Cuenca del Tajo, España).....	42



Figura 12. Ejemplo de la Elaboración de la Serie Temporal de Hábitat (STH) de promedios mensuales para la trucha común en el río Carrión (Barrios de la Vega, España).....	45
Figura 13. Ejemplo de Comparación de alternativas usando las STH.....	46
Figura 14. Ejemplo de Comparación de alternativas usando las HTA.....	47
Figura 15. Temperatura Anual Promedio Guayaquil .....	51
Figura 16. Temperatura Mensual Promedio Guayaquil .....	52
Figura 17. Precipitación Mensual Acumulada Guayaquil .....	53
Figura 18. Precipitación Anual Acumulada Guayaquil.....	54
Figura 19. Precipitación anual promedio Guayaquil .....	57
Figura 20. Humedad Relativa Promedio Guayaquil .....	58
Figura 21. Evaporación Mensual Acumulada Guayaquil .....	59
Figura 22. Evaporación Anual Acumulada Guayaquil .....	60
Figura 23. Tensión de Vapor Mensual Promedio Guayaquil .....	61
Figura 24. Punto de Rocío Mensual Promedio Guayaquil.....	62
Figura 25. Heliofanía Promedio Guayaquil.....	63
Figura 26. Nubosidad Mensual Promedio Guayaquil .....	64
Figura 27. Dirección y Velocidad del Viento.....	65

Figura 28. Este de la ciudad de Guayaquil, donde se aprecia la doble curvatura del Río Babahoyo.....	75
Figura 29. Sub-cuenca Hidrográfica del Río Daule .....	85
Figura 30. Caudales Condición De Reflujo - Descarga (Caudal Medio) Daule A.J. Guayas.....	90
Figura 31. Caudales Mínimos Para Condición De Reflujo - Descarga (Caudal Mínimo) Daule A.J. Guayas.....	92
Figura 32. Caudales Máximos Para Condición De Reflujo - Descarga (Caudal Máximo) Daule A.J. Guayas .....	93
Figura 33. Caudales Máximos Para Condición De Flujo - Descarga (Caudal Máximo) Daule A.J. Guayas .....	94
Figura 34. Ubicación de la Estación de Bombeo de la Planta Potabilizadora La Toma.....	97
Figura 35. Dinámica De Las Mareas.....	100
Figura 36. Mareas del estuario Daule/Guayas .....	101
Figura 37. Ubicación de las Secciones Transversales .....	104
Figura 38. Levantamiento de las Secciones Transversales .....	106
Figura 39. Sección Transversal 0 .....	107

Figura 40. Sección Transversal Estación 1150 .....	107
Figura 41. Sección Transversal Estación 2330 .....	108
Figura 42. Sección Transversal Estación 3180 .....	109
Figura 43. Corrientes (Febrero del 2012) .....	115
Figura 44. Fotografías de Medición de Velocidades de Corrientes (Febrero 2012) .....	120
Figura 45. Sensor FP111 Global Flow Probe .....	124
Figura 46. Fotografías de Medición de Velocidades de Corrientes (Agosto 2012)	133
Figura 47. Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Agosto 2008)	137
Figura 48. Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Febrero 2012) .....	145
Figura 49. Monitoreo de Calidad de Agua (Columna de Agua) Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012.....	147
Figura 50. Clasificación del Meso-hábitat Fluvial del Río Daule .....	154
Figura 51. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST0 (Sector Univeler Andina).....	155
Figura 52. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST 1150 (Sector Dos Reberas) .....	156
Figura 53. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST 2330 (Sector Planta de Bombeo La Toma) .....	157

Figura 54. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST 3180 (Sector Aguas Arriba de La Toma) .....	158
Figura 55. Levantamiento Biótico, Febrero 2012 .....	175
Figura 56. Especies de Peces en Declive de la Cuenca del Río Guayas .....	178
Figura 57. Bocachico ( <i>Ichthyoelephas humeralis</i> ).....	182
Figura 58. Esquema operativo del modelo PHABSIM .....	201
Figura 59. División de un Tramo en Meso-Hábitats y Micro-Hábitats .....	202
Figura 60. División de Celda Centrada .....	203
Figura 61. Nivel de Caudal Cero (NCC).....	204
Figura 62. Profundidad Máxima y Efectiva.....	205
Figura 63. Aforo mediante el método celda centrada .....	209
Figura 64. Simulación de Niveles de Superficie Libre (NSL) en una sección .....	213
Figura 65. Simulación de perfiles hidráulicos en un tramo .....	214
Figura 66. Calibración del Modelo STGQ .....	215
Figura 67. Representación Gráfica del Flujo Uniforme entre dos secciones .....	217
Figura 68. Representación de los términos de la ECE entre dos secciones.....	219
Figura 69. Simulación de las Velocidades Medias Ajustadas.....	220
Figura 70. Resultado de Simulación hidráulica PHABSIM en una sección.....	220

Figura 71. Determinación del Coeficiente de Rugosidad de una celda .....	222
Figura 72. Simulación de la velocidad media en una celda .....	223
Figura 73. Atributos de Variables del Hábitat en una celda .....	226
Figura 74. Tipos de Micro-hábitat calculados por el HABTAE .....	232
Figura 75. Creación de Nuevo Proyecto .....	233
Figura 76. Ingreso de Información General de cada Sección Transversal .....	235
Figura 77. Calibración de Caudales de cada Sección Transversal .....	236
Figura 78. Resultados de Calibración Secciones Transversales .....	237
Figura 79. Ingreso de Información de Velocidades y Atributos de cada Sección Transversal.....	238
Figura 80. Resultados de Velocidades Observadas Secciones Transversales .....	240
Figura 81. Ingreso de Información de Preferencias Bióticas .....	241
Figura 82. Preferencias Bióticas Bocachico - Profundidad .....	242
Figura 83. Preferencias Bióticas Bocachico - Velocidad .....	243
Figura 84. Preferencias Bióticas Bocachico - Sustrato .....	244
Figura 85. Introducción de Caudales de Interés.....	247
Figura 86. Relación del Estado de los Caudales para cada Sección Transversal .	248
Figura 87. Resultados de Calibración WSL.....	249

Figura 88. Resultados de WSL Simuladas.....	251
Figura 89. Modelo de Velocidades.....	252
Figura 90. Resultados de Velocidades Medias Simuladas.....	254
Figura 91. Modelo HABTAE.....	255
Figura 92. Resultados de Modelo HABTAE - Área.....	261
Figura 93. Resultados de Modelo HABTAE - Profundidad.....	266
Figura 94. Resultados de Modelo HABTAE – Velocidad.....	271
Figura 95. Resultados de Modelo HABTAE – Sustrato.....	276
Figura 96. Relación Hábitat-Caudal del Bocachico.....	278
Figura 97. Resultados de Modelo HABTAE – WUA.....	283

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis Físico Jerarquizado de una cuenca hidrográfica .....	28
Tabla 2. Clasificación del Meso-hábitat Fluvial (Características).....	33
Tabla 3. Caudales Máximos Y Mínimos Del Río Daule .....	87
Tabla 4. Niveles de marea .....	102
Tabla 5. Mediciones de Corrientes (Julio 2003) .....	110
Tabla 6. Mediciones de Corrientes (Diciembre 2003) .....	111
Tabla 7. Mediciones de Corrientes (Agosto 2008) .....	113
Tabla 8. Cuadro Resumen Mediciones Corriente (Febrero 2012) .....	116
Tabla 9. Resultados Mediciones Corriente (Febrero 2012) .....	117
Tabla 10. Cuadro Resumen Mediciones Corriente (Agosto 2012) .....	124
Tabla 11. Resultados de Mediciones Corriente (Agosto 2012).....	125
Tabla 12. Sitios Monitoreo Calidad de Agua (Junio 2003).....	133
Tabla 13. Resultados Mediciones Calidad de Agua (Junio 2003) .....	134
Tabla 14. Coordenadas de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Agosto 2008) .....	136
Tabla 15. Resultados Monitoreo de Calidad de Agua (Agosto 2008) .....	138

Tabla 16. Coordenadas de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Febrero 2012)	
.....	143
Tabla 17. Resultados Monitoreo de Calidad de Agua (Febrero 2012)	147
Tabla 18. Textura Granulométrica en los Sedimentos (1994-1995)	149
Tabla 19. Puntos de Monitoreo de Sedimento (Agosto 2008)	150
Tabla 20. Resultados Monitoreo de Calidad de Sedimentos (Agosto 2008)	151
Tabla 21. Clasificación del Meso-hábitat Fluvial (Características)	153
Tabla 22. Listados de Especies del Río Vinces	161
Tabla 23. Listados de Especies del Río Babahoyo	165
Tabla 24. Listados de Especies del Río Daule	166
Tabla 25. Listados de Especies de la Provincia de Los Ríos	169
Tabla 26. Listados de Especies del Río Daule	172
Tabla 27. Clasificación Científica Bocachico ( <i>Ichthyoelephas humeralis</i> )	181
Tabla 28. Longitud Bocachico ( <i>Ichthyoelephas humeralis</i> )	183
Tabla 29. Peso Bocachico ( <i>Ichthyoelephas humeralis</i> )	185
Tabla 30. Proporción Sexual Bocachico ( <i>Ichthyoelephas humeralis</i> )	187
Tabla 31. Estadíos de Madurez Sexual Bocachico ( <i>Ichthyoelephas humeralis</i> ) 2009	
.....	189



Tabla 32. Clasificación del material del lecho para modelaciones eco-hidráulicas	210
Tabla 33. Descripción de Modelos de Hábitats .....	228
Tabla 34. Caudales de Interés .....	244
Tabla 35. Relación Hábitat-Caudal del Bocachico .....	276

## ABREVIATURAS

**Best Est Q:** Best Estimation of Discharge

**CDC:** Curva de Duración de Caudales

**CELEC EP:** Corporación Eléctrica Nacional Empresa Pública

**DQO:** Demanda bioquímica de Oxígeno

**ENOS:** El Niño Oscilación del Sur.

**ICP:** Índice de Conformidad Ponderado

**ICt:** Índice de conformidad de temperatura

**IFIM:** Instream Flow Incremental Methodology

**IGM:** Instituto Geográfico Militar

**IH:** Índice de Hábitat

**INAMHI:** Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología

**INOCAR:** Instituto Oceanográfico de la Armada

**Ip:** Índice de profundidad

**Is:** Índice de sustrato combinado

**Iv:** Índice de velocidad

**HSI:** Habitat Suitability Index

**HT:** Hábitat Total del tramo

**OD:** Oxígeno Disuelto

**NCC:** Nivel de Caudal Cero (SZF: Stage of Zero Flow)

**NOAA:** Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano de los Estados Unidos

**NSL:** Nivel de la Superficie Libre (WSL: Water Surface Profile)

**pH:** Potencial Hidrógeno

**PHABSIM:** Physical Habitat Simulation Software

**RCA:** Regímenes de Caudales Ambientales

**RCC:** Regímenes de Caudales Culturales

**RCE:** Regímenes de Caudales Ecológicos

**RCP:** Regímenes de Caudales Paisajísticos

**RCR:** Regímenes de Caudales Recreativos

**SHC:** Serie Hidrológica de Caudales

**SIN:** Sistema Nacional Interconectado

**SLPU:** Superficie del Lecho Ponderada Útil (WUBA: Weighted Usable Bed Area)

**SPU:** Superficie Ponderada Útil (WUA: Weighted Usable Area),

**STH:** Serie Temporal de Hábitat

**STHE:** Serie Temporal del Hábitat Efectivo

**TULSMA:** Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

**USFWS:** United States Fish And Wildlife Service

**VPU:** Volumen Ponderado Útil (WUV: Weighted Usable Volume).

**WUA:** Weight Usable Área (Superficie Ponderada Útil)

# Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La sociedad a lo largo de la historia se ha beneficiado de los sistemas fluviales: abastecimiento de agua, generación hidroeléctrica, actividades acuícolas, agrícolas, forestales, industriales. Dichas actividades han ido afectado el régimen de caudales y degradando los ecosistemas fluviales; limitando los bienes y servicios provistos por recursos hídricos. Por dicha razón en los últimos años gobiernos de distintos países han instaurado políticas de conservación; impulsando una gestión integral de los recursos hídricos mediante planes de manejo y ordenamiento de cuencas hidrográficas, que se fundamentan en Regímenes de Caudales Ambientales (RCA), mismos que engloban distintos tipos de medidas referentes a la protección de hábitats, suelos, prevención de la contaminación ambiental, con la finalidad de promover un uso equilibrado y sostenible del recurso.

Para establecer Regímenes Ambientales de Caudales que concierten los intereses de los diferentes implicados por los usos múltiples del recurso agua, se establece un procedimiento de siete fases:

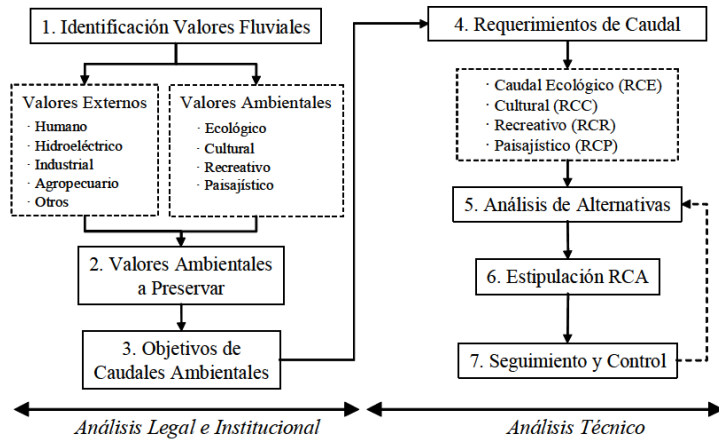


Figura 1. Procedimiento Genérico para establecer Regímenes de Cuadales Ambientales (RAC)

Fuente: J. M. Díez, “Caudales Ecológicos” - CATHALAC 2010

Para la identificación de valores fluviales, se debe determinar primeramente los valores externos que destinan al río como un recurso suministrador de bienes y servicios, tales como: captación de agua, hidroeléctrico, agropecuario, industrial, otros. Mientras que los valores ambientales ven al río como un ecosistema que se debe conservar para mantener sus principales usos pasivos: ecológico, cultural, paisajístico y recreativo.

Dentro de la estipulación de los valores ambientales a mantener, los órganos decisorios como gobiernos nacionales y seccionales establecen las políticas y

lineamientos para el uso y conservación del recurso, promoviendo un manejo sostenible del mismo.

Una vez que se tienen claras las condiciones hídricas mantener en base a los valores ambientales u objetivos de caudal ambiental, se establece el grado de conservación del recurso para cada uno de ellos; yendo desde un ámbito general institucional hasta un ámbito técnico detallista.

Para la evaluación de los requerimientos de caudal, se consideran los objetivos de los valores ambientales para determinar los distintos tipos de regímenes: Ecológicos (RCE), Culturales (RCC), Recreativos (RCR) o Paisajísticos (RCP).

Para la fase de análisis de alternativas, y para un Régimen de Caudales Ambientales potencialmente exitoso es necesario negociar con las principales partes involucradas, proponiendo alternativas en términos de efectividad, factibilidad, riesgo y valoración económica que satisfagan razonablemente los objetivos de todos los interesados, con la finalidad de evitar conflictos.

Una vez acordado los Regímenes de Caudales Ambientales se deben establecer herramientas normativas que permitan llevar un adecuado manejo y ordenamiento de la cuenca hidrográfica.

La última fase del procedimiento, y con la finalidad de determinar la efectividad de los regímenes de caudales ambientales, se deben establecer programas de seguimiento que evalúen su implementación.

Una vez definido el **Régimen de Caudal Ecológico (RCE)** en base a los Regímenes de Caudales Ambientales (RCA); se formulan los objetivos ecológicos ambientales indicando los valores de los organismos y hábitats y sus niveles de protección. Para ello se tiene que considerar 3 factores primordiales:

a. Caudal Mínimo para los requerimientos de Calidad de Agua

Se evalúa cuáles serían los caudales mínimos en los cuales no habría una alteración de los parámetros físico-químicos (pH, temperatura, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, otros) del cuerpo hídrico, que posteriormente afecten a los organismos del sitio.

b. Caudal Mínimo para los requerimientos del Hábitat Fluvial

Los métodos de evaluación de caudales para hábitats se basan en las condiciones hidráulicas (profundidad, velocidad, otros) específicas para un desarrollo adecuado de los organismos en base a sus requerimientos biológicos (alimentación, reproducción, protección).



Para establecer las características ambientales del hábitat fluvial, se han aplicado por años varios tipos de metodologías tales como: hidráulicas, hidrológicas, eco-hidráulicas, holísticas y otros; siendo la eco-hidráulica la mayormente usada por países desarrollados del hemisferio norte. Para este método se evalúa el espacio físico de micro-hábitats y las variables micro-hidráulicas de las cuales depende un organismo en particular de acuerdo a sus preferencias biológicas; con la finalidad de generar relaciones funcionales entre el hábitat y el índice de calidad del hábitat en un tramo fluvial.

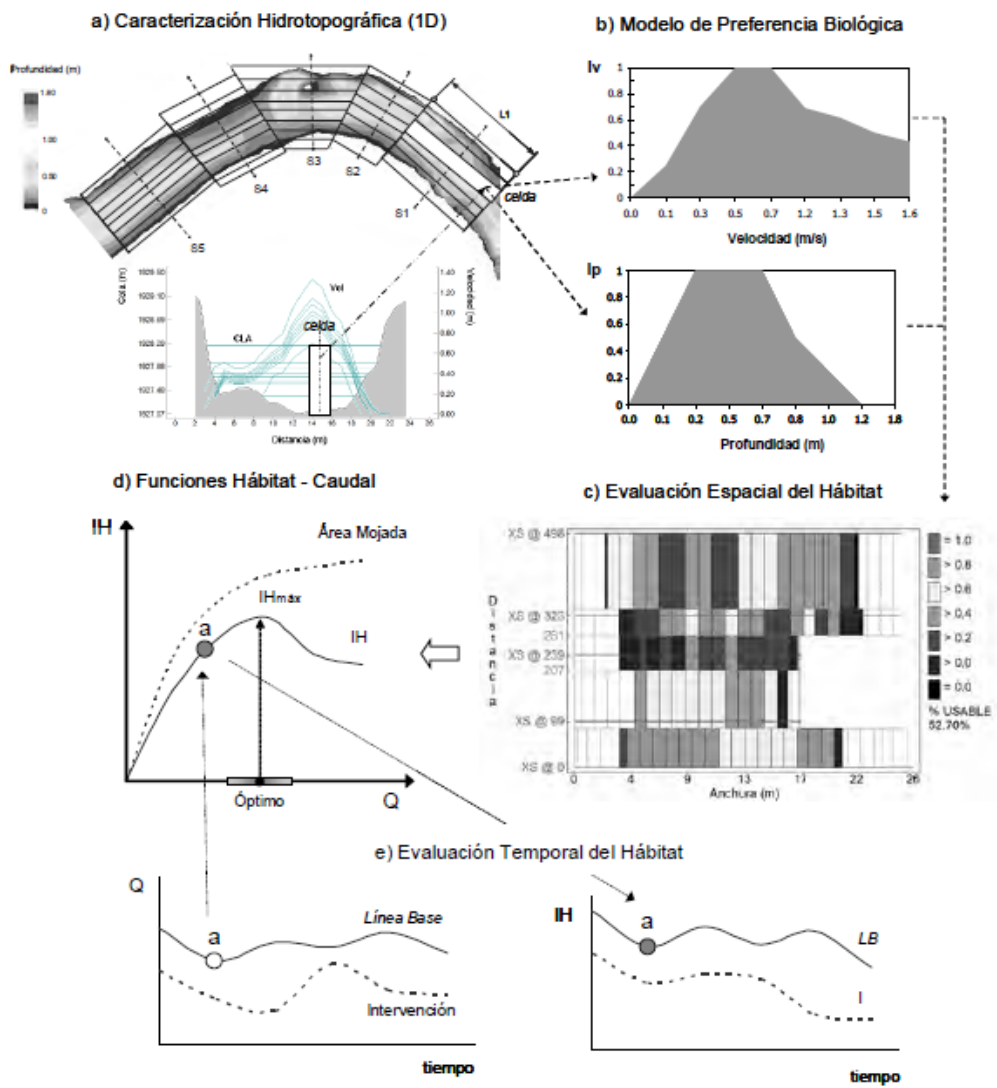


Figura 2. Esquema de evaluación eco-hidráulica espacio-temporal del habitat fluvial

enfocada a la determinación Regímenes de Caudales Ecológicos (REC)

Fuente: J. M. Díez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

c. Variabilidad de caudal para los requerimientos Eco-sistémicos

Los ecosistemas fluviales dependen íntegramente de la cantidad y frecuencia de los caudales de sus ríos y afluentes, ya que ellos establecen la calidad del agua, capacidad de abastecimiento e integridad biológica de la ribera. Estos se ven relacionados por los procesos geomorfológicos, físicos, químicos del ecosistema, por lo que se considera una variable fundamental que condiciona la distribución y abundancia de las especies de ribera (Power, 1992); (Resh, y otros, 1998). En base a lo antes indicado, se han establecido cinco componentes principales para definir el régimen de caudales (Poff & Ward, 1989) (Ritcher, Baumgartner, Powell, & Braun, 1996) (Walker, Sheldon, & Puckridge, 1995):

1. Magnitud
2. Frecuencia
3. Duración
4. Predictibilidad
5. Tasa de Variación

En lo que respecta a la magnitud y frecuencia de caudales, estos regulan los procesos ecológicos de los entornos fluviales mediante las crecidas ordinarias y extraordinarias; aunque una alteración súbita en estos ciclos generaría

serios inconvenientes en el desarrollo y vida de los organismos y especies del sitio; y una modificación del micro-hábitat. (Cushman, 1985) (Reiser, Ramey, Beck, Lambert, & Geary, 1989b) (Scheidegger & Bain, 1995).

La duración de una condición de caudal condiciona ciertos procesos ecológicos, ya que en periodos largos de caudales bajos afectaría en el crecimiento y concentración del organismos, y por ende limitaría su hábitat (Cushman, 1985). Y por otro lado el alargamiento de los periodos de caudales de inundación modificaría las zonas riparianas (Brenn, 1992)

La predictibilidad de los caudales, afectan a ciertas especies establecidas en el cauce y las márgenes del cuerpo de agua, ya que estas están configuradas para aprovechar o eludir caudales de diferentes magnitudes. Una alteración por pérdida de caudales excesivos repercutiría en el desarrollo adecuado del desove, incubación y migración de huevos de peces, alteraría la red trófica, favorecería la invasión de especies exóticas y limitaría el crecimiento de las zonas ripariana.

La tasa de variación, como las crecidas súbitas y descensos graduales del caudal; condicionan la persistencia y limitan coexistencia de ciertas especies del ecosistema. Una regulación de esta tasa modifica las variables físicas,

químicas o geomorfológicas de las aguas; generando cambios en la temperatura, pH, oxígeno disuelto, en la abundancia y tipo de nutrientes orgánicos e inorgánicos, concentraciones de contaminantes, y desencadenan procesos erosivos y de sedimentación.

## **1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La represa Daule-Peripa, ubicada en el punto de cierre de los ríos Daule y Peripa, fue una obra internacional del Proyecto de Propósito Múltiple "Jaime Roldós Aguilera, que inició su construcción en el año 1982 y fue finalizada en el año 1987. Esta consistió en la creación de un enorme dique artificial de 85 metros sobre el lecho del río y 250 metros de largo, con una acumulación de 6 mil millones de metros cúbicos de agua; que permitiría la regulación y el control del comportamiento del agua, mejorado la pesca del río Daule y favoreciendo las condiciones para el tráfico fluvial y el turismo. Adicionalmente cuenta con una central hidroeléctrica "Marcel Laniado de Wind", que se encuentra a pie de presa con una potencia instalada nominal de 213 MW distribuida en tres unidades generadoras con turbinas tipo Francis

(3x71 MW); cuya operación, manejo y mantenimiento constituye el objeto la Unidad de Negocio CELEC EP-HIDRONACION.

El Proyecto de Propósito Múltiple Jaime Roldós Aguilera está constituido por la Presa Daule Peripa, la Central Hidroeléctrica Marcel Laniado De Wind y los Sistemas de Riego del Valle del Daule. Este proyecto posee diversos fines, entre los principales se encuentran:

- Proteger la Cuenca Baja del Río Daule de las inundaciones.
- Proporcionar riego y drenaje mediante un trasvase a la Península de Santa Elena.
- Proporcionar agua para riego y para consumo a las poblaciones de Manabí, mediante el trasvase al Embalse la Esperanza
- Garantizar el suministro de agua para consumo de las poblaciones y ciudades asentadas aguas abajo del río Daule mediante la regulación del caudal en el río.
- Generar 600 millones de kilovatios de energía eléctrica para el sistema nacional interconectado (SNI), mediante la Central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind.

La Central Hidroeléctrica "Marcel Laniado de Wind", es una obra de carácter nacional debido a que la energía producida abastece, en conjunto con las otras centrales del país, a través del Sistema Nacional Interconectado (SNI), el mercado eléctrico del Ecuador. En cambio los otros componentes del Proyecto Múltiple, tales como riego, control de inundaciones, control salino, etc., tienen un alcance regional y benefician principalmente a las provincias de Manabí, Los Ríos y Guayas.

La Central Hidroeléctrica "Marcel Laniado de Wind", tiene un régimen hidrológico, diferente a las centrales Paute, Agoyán y Pucará, permitiendo de esta manera tener una buena disponibilidad en época de estiaje de la Sierra y Oriente



Figura 3. Represa Daule – Peripa y Central Hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind

Fuente CELEC EP Unidad de Negocios Hidronación

La construcción y operación de la represa ha provocado impactos ambientales y sociales significativos tanto aguas arriba como aguas debajo que no se habían considerado inicialmente. Aguas arriba se ha evidenciado una acumulación de agua aproximadamente 12 veces mayor a la prevista, no considerada inicialmente por CEDEGE como zona de inundación, perjudicando así a los propietarios de los terrenos y sembríos. Por otro lado, la erosión en el embalse se ha incrementado en casi un 85% debido a la falta de mantenimiento y limpieza del reservorio. Adicionalmente existe un problema de eutrofización debido al crecimiento acelerado de una planta invasora llamada comúnmente "Lechuguin" y conocida científicamente como *Eichornia Crassipes* (Jacinto de Agua). Casi 9000 hectáreas del embalse han sido cubiertas con esta especie vegetal acuática afectando significativamente la vida de peces y otras plantas acuáticas.

Aguas abajo de la represa y su embalse, y debido a la regularización de los caudales se han presentado cambios en el flujo, y por ende en la calidad, cantidad y uso del agua, los organismos bióticos y la sedimentación de la cuenca del río; adicionalmente las partículas suspendidas que trae el río y que se asientan en el reservorio, privan al río de los nutrientes, para sostener



su productividad. Otro problema causado por la modificación del régimen de caudal, son los cambios en la temperatura del río, la degradación de la calidad del agua, la pérdida de los sitios de desove y las barreras que impiden la migración de los peces.



Figura 4. Impactos de la Presa Daule - Peripa

Fuente “El Proyecto Daule Peripa”, Campagna per la Riforma della Banca Mondiale  
y Centro Legale pro Afro discendenti e Indigeni, 2008

De otra parte, y relacionado con el uso del recurso, en el Km 26 de la vía Guayaquil – Daule, aguas abajo de la represa Daule – Peripa y en las riberas del río Daule se encuentra la Planta Potabilizadora de Agua La Toma de INTERAGUA (Parroquia Pascuales del cantón Guayaquil), donde se potabiliza el agua que abastece a los habitantes de la ciudad de Guayaquil

desde el año 1950. La Planta Potabilizadora de Agua cuenta con 4 estaciones de bombeo, las cuales bombean aproximadamente 1'050.000 m<sup>3</sup>/día el agua del río Daule y alimentan a la planta Convencional y Lurgi (EB1-EB2-EB3), mientras que la estación EB4 alimenta a la planta Nueva; y se distribuye de la siguiente manera:

- Planta Lurgi y Convencional: La cantidad bombeada desde las estaciones EB1, EB2 y EB3 hacia estas plantas es de alrededor 390.000 m<sup>3</sup>/día ó 16.250 m<sup>3</sup>/hora.

- Planta Nueva: 643.000 m<sup>3</sup>/día ó 26.800 m<sup>3</sup>/hora bombeados desde las estaciones de bombeo EB1, EB2 y EB3 hacia la planta de 10 m<sup>3</sup>/seg.

Actualmente la producción total de agua potable que se libera a la red de distribución es de aproximadamente 28'900.000 m<sup>3</sup>/mes o 963.300 m<sup>3</sup>/día, siendo la producción por cada planta de tratamiento alrededor de:

- Planta Lurgi: 3'200.000 m<sup>3</sup>/mes ó 106.600 m<sup>3</sup>/día.

- Convencional: 7'700.000 m<sup>3</sup>/mes ó 260.000 m<sup>3</sup>/día.

- Planta Nueva: 18'000.000 m<sup>3</sup>/mes ó 600.000 m<sup>3</sup>/día.

Las aguas residuales generadas en el proceso de potabilización del agua, se tratan en plantas de tratamiento, y los volúmenes manejados son los siguientes

- Planta Nueva: Las descargas de esta planta se recolectan en dos desagües.

Estas son:

- Purgas de clarificadores.- Se tienen seis clarificadores en cada sector, provisto cada uno de cuatro purgas laterales. El caudal total promedio que se desaloja en la época de verano es de 8.640 m<sup>3</sup>/día y en la época de invierno 20.700 m<sup>3</sup>/día.

- Lavado de filtros.- Consta de 32 filtros y la cantidad de agua que se descarga por concepto de lavado de un filtro es de aproximadamente 800 m<sup>3</sup> por cada unidad. En verano se lavan en promedio 25 filtros diarios por lo que el caudal de descarga es de 20.000 m<sup>3</sup>/día y en invierno se lavan en promedio 20 filtros diarios, por lo que el caudal de descarga es de 16.000 m<sup>3</sup>/día.

- Saturador de cal.- En este se realizan tres purgas por día con un caudal de 189 m<sup>3</sup>/día.

- Planta Convencional: Las descargas de esta planta son:

○Purgas de las piletas.- El caudal total promedio que se descarga en verano es aproximadamente 1.050 m<sup>3</sup>/día, y en invierno 2.100 m<sup>3</sup>/día.

○Lavado de filtros.- El caudal de descarga máximo es de 8.800 m<sup>3</sup>/día y el caudal de descarga promedio es de 5.000 m<sup>3</sup>/día.

○Saturador de cal.- Se realizan tres purgas por día con un caudal de 40 m<sup>3</sup>/día.

• Planta Lurgi: Las descargas de la planta se deben a:

○Purgas del sedimentador- El caudal total promedio que se descarga en la época de verano es de aproximadamente 430 m<sup>3</sup>/día y en la época de invierno 860 m<sup>3</sup>/día.

○Lavado de filtros.- El caudal máximo de descarga es de 5.600 m<sup>3</sup>/día y el caudal de descarga promedio es de 3.000 m<sup>3</sup>/día.

○Saturador de cal.- Se realizan tres purgas por día con un caudal de 40 m<sup>3</sup>/día.



Figura 5. Planta Potabilizadora de Agua La Toma - Interagua

Fuente: Plan Maestro de Agua Potable de la ciudad de Guayaquil

En nuestra normativa ambiental, mediante Registro Oficial Nro. 41 del Miércoles 14 de Marzo del 2007, se expidieron las “Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los Sectores de Infraestructura: Eléctrico, Telecomunicaciones y Transporte (Puertos y Aeropuertos)”. La “Norma para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental del Recurso Agua en Centrales Hidroeléctricas”, establecida en el Anexo 1B, Libro VI del [1] Texto Unificado

---

1 Registro Oficial 725 del 16 de diciembre del 2002 y Decreto Ejecutivo 3516, publicado en el Registro Oficial, Edición Especial No. 2 del 31 de marzo del 200

de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, define al Caudal

Ecológico como:

***Es el caudal de agua que debe mantenerse en un sector hidrográfico del río, para la conservación y mantenimiento de los ecosistemas, la biodiversidad y calidad del medio fluvial y para asegurar los usos consuntivos y no consuntivos del recurso, aguas abajo en el área de influencia de una central hidroeléctrica y su embalse, donde sea aplicable. El caudal ecológico debe ser representativo del régimen natural del río y mantener las características paisajísticas del medio.***

Adicionalmente, dispone que los regulados en caso de ser centrales hidroeléctricas deben asegurar el mantenimiento de un caudal de agua o caudal ecológico que asegure la conservación y mantenimiento de los ecosistemas y la biodiversidad del medio fluvial, y asegure los usos consuntivos y no consuntivos del recurso, aguas abajo en el área de influencia de la central. Actualmente la norma establece que para centrales existentes antes del año 2003 el caudal ecológico mínimo adoptado debe ser del 10% del caudal medio anual; debiéndose monitorear el estado de los

cuerpos de aguas con la finalidad de mantener o variar el caudal ecológico fijado.

Se indica que el caudal ecológico debe ser representativo del régimen natural del río, ser compatible con los requerimientos físicos de la corriente fluvial para mantener su estabilidad y cumplir todas sus demandas, además de mantener la calidad del recurso y las características paisajistas del medio. El caudal ecológico debe ser determinado y mantenido en los tramos fluviales aguas abajo de la ubicación de la central, donde se espera la ocurrencia de alteraciones en el régimen hídrico por la operación de la central. Para el cálculo del caudal ecológico se dispone el uso de modelos y programas, que tendrán como requerimiento mínimo el "considerar variables de importancia para la integridad biológica de los ecosistemas del río".

Basándose en lo anteriormente mencionado, la presente tesis determinará el caudal ecológico apropiado para el río Daule en un sitio de estudio considerando las preferencias de una especie biológica en particular usando el modelo Physical Habitat Simulation Software (PHABSIM)."

### **1.3 HIPÓTESIS**

Se puede determinar el caudal ecológico de un río considerando los requerimientos y preferencias bióticas de los organismos en un sitio de interés

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el caudal ecológico de río Daule en un sitio de interés considerando los requerimientos biológicos de la especie de pez que tenga mayor sensibilidad de acuerdo a lo monitoreado en el campo.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Investigar y obtener información acerca régimen de caudales históricos del río Daule, además de información meteorológica, hidrológica, topográfica, geológica, y socioeconómica del área de estudio.
- Caracterización de los ecosistemas hallados a lo largo de la sección longitudinal del río en estudio (rápidos, pozas, otros)



- Medición de secciones transversales, velocidades, y calidad físico-química del agua en tres sitios de la sección longitudinal establecida para el estudio
- Determinación del tipo de organismos hallados en el río Daule; y su abundancia.
- Determinar la preferencia biológica de los organismos más sensibles (velocidad, profundidad, tipo de sustrato) en base a información científica y conocimientos de pescadores locales.
- Incorporación de variantes hidráulicas y ecológicas al modelo PHABSIM
- Análisis de Alternativas

## **1.5 ALCANCE**

### **1.5.1 Alcance Geográfico**

El alcance geográfico del presente proyecto de tesis está dado en la sección longitudinal del río Daule comprendida aproximadamente entre el km. 24 al 26 de la Vía Guayaquil – Daule, en el sector donde se ubica la Planta Potabilizadora de Agua La Toma de INTERAGUA, y la población de Puente Lucía.

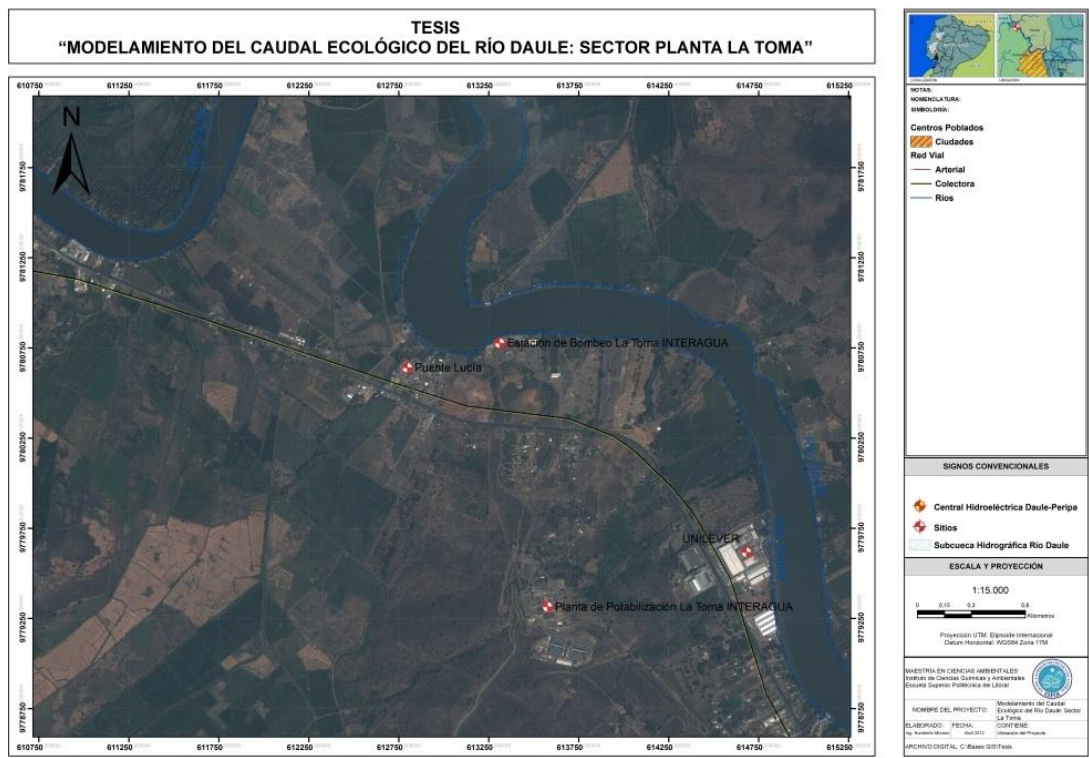


Figura 6. Alcance Geográfico

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2008

Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012

### 1.5.2 Alcance Técnico

El alcance técnico del presente estudio se enfoca en la determinación del caudal ecológico idóneo para el río Daule mediante el uso de la metodología IFIM y el Software PHABSIM. Lo anterior se lo ha realizado en base a los requerimientos bióticos de una de las especies más sensibles del cuerpo fluvial, en un estadio de vida determinado.

## 1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS

El presente documento está estructurado de la siguiente manera:

El **Capítulo 2 - Metodología IFIM (Instream Flow Incremental Methodology)**, describe una metodología comúnmente usada para el desarrollo del modelo de caudal ecológico PHABSIM (Physical Habitat Simulation Software), el cual será usado para simular los requerimientos bióticos e hidráulicos de sitio de interés.

En el **Capítulo 3 – Descripción General del Entorno** se describirán las características físicas, bióticas y socioeconómicas de área; tomando en consideración para el aspecto abiótico: clima, geología, geomorfología, hidrología, batimetría (secciones transversales), calidad de agua; dentro del componente biótico general se hará una descripción de la flora y fauna del sitio, y de igual manera para el componente socioeconómico donde se indicarán generalidades del cantón Guayaquil, siendo más específico en el área de interés y los actores sociales principales.

El **Capítulo 4 - Physical Habitat Simulation Software (PHABSIM)**, describe paso a paso las bases, toma de datos, simulación hidráulica, simulación de

velocidades, incorporación de las curvas de preferencia y el cálculo del hábitat, y finalmente un análisis de resultados.

En el **Capítulo 5 – Conclusiones y Recomendaciones**, se indican los resultados y conclusiones del modelamiento de caudal ecológico de río Daule: sector La Toma; y se plantean recomendaciones para optimizar el uso de software, en base a las condiciones físicas del sitio y realidad del proyecto.

## Capítulo 2: METODOLOGÍA IFIM (INSTREAM FLOW

### INCREMENTAL METHODOLOGY)

La metodología IFIM (Instream flow Incremental Methodology), fue desarrollada por el Servicio Estadounidense de Pesca y Vida Silvestre (USWFS, Bovee y Milhous, 1978) en Estados Unidos de América, como una herramienta científica con un enfoque ecológico para poder administrar y negociar el uso del recurso agua, solucionando conflictos. Esta herramienta fue aplicada inicialmente en ríos de altas pendientes y aguas frías del oeste de Estados Unidos de América, pero posteriormente se difundió y aplicó en sitios de diferentes características, y durante las últimas dos décadas has sido utilizada ampliamente en el mundo entero.

La metodología IFIM consta de 5 fases, las cuales se describen a continuación:

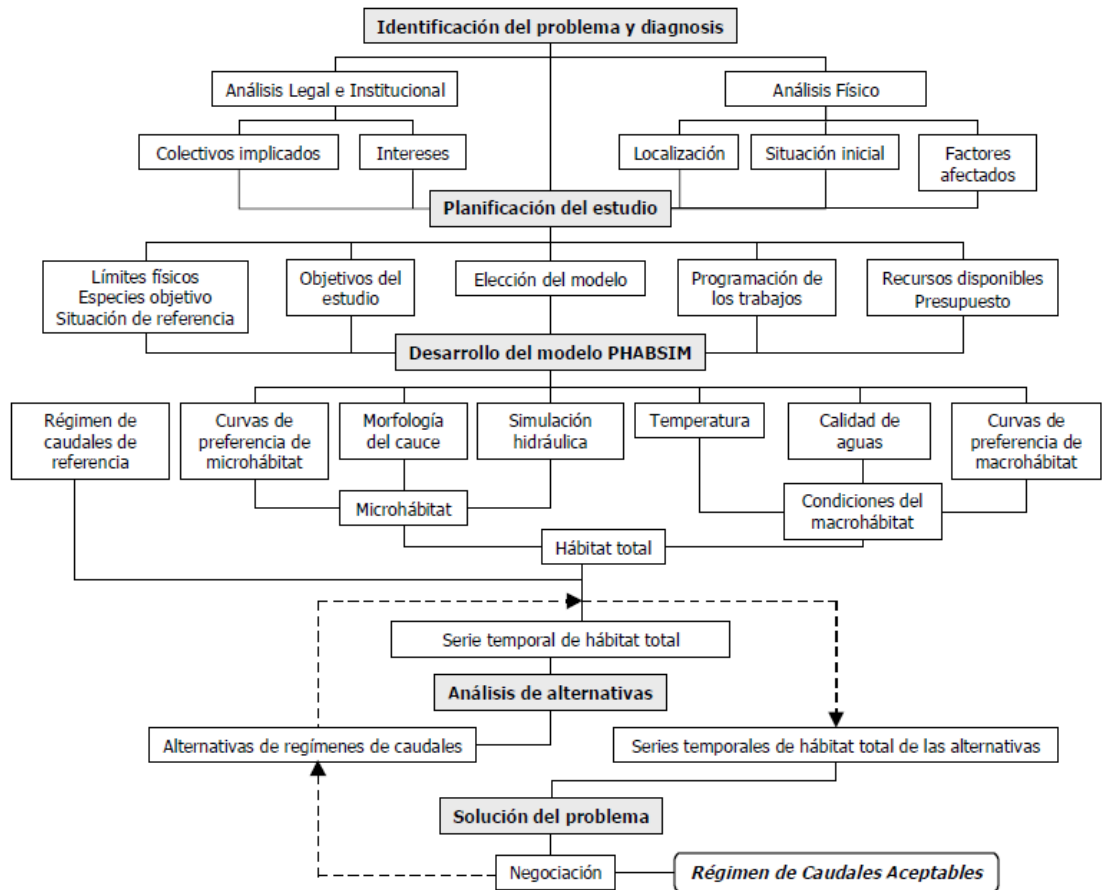


Figura 7. Metodología IFIM

Fuente: J. M. Díez, “Caudales Ecológicos” - CATHALAC 2010

## 2.1 FASE 1 – IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En esta fase se hace una identificación de todos los involucrados y una caracterización física del sitio que se va a ver afectados por la modificación del régimen de caudales de un sitio determinado.

### **2.1.1 Análisis Legal e Institucional**

Se hace una identificación de los todos los implicados o posibles afectados en una modificación del régimen de caudales de un sitio en particular: pescadores, agricultores, habitantes, órganos reguladores, empresas hidroeléctricas, empresas de captación de agua, ecologistas, empresas turísticas, entre otros.

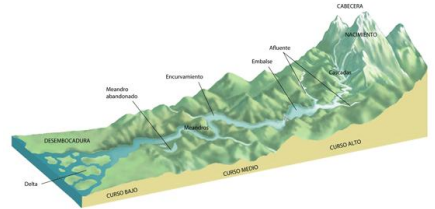

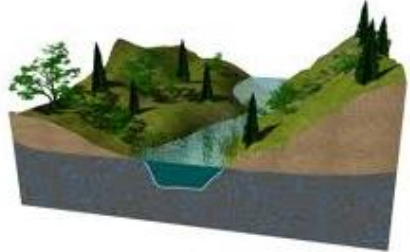
Una vez que se tiene claro los involucrados, se tiene que conocer cada una de las perspectivas de cada parte respecto al problema, ya que no todos tienen el mismo punto de vista. Una vez identificado aquello se procede a la negociación con los actores, la cual dependiendo de la situación puede ser individual o colectiva; tratando siempre de llegar a una solución racional y comprensiva para todos. Para un análisis legal – institucional adecuado se deberá tomar en consideración lo siguiente:

1. Identificación de posiciones
2. Descripción del ambiente de la negociación
3. Calculo del poder negociador de cada parte
4. Evaluación de las fortalezas y debilidades de los involucrados

## 2.1.2 Análisis Físico

Para el análisis de los factores físicos del área de estudio a ser afectada, se tienen que tener en consideración las tres escalas de hábitats fluviales: Macro-hábitat, Meso-hábitat y Micro-hábitat

Tabla 1. Análisis Físico Jerarquizado de una cuenca hidrográfica

HÁBITAT	CARACTERÍSTICAS	EJEMPLO
<b>Macro-hábitat</b>	<p><b><u>Cuenca Hidrográfica /</u></b></p> <p><b><u>Segmento Fluvial</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Régimen de Caudales</li> <li>• Temperatura</li> <li>• Morfología de la corriente</li> </ul>	 
<b>Meso-hábitat</b>	<p><b><u>Tramo Fluvial</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pendiente</li> <li>• Sección Transversal</li> </ul>	



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura</li> </ul>	
<b>Micro-hábitat</b>	<p><b><u>Unidad Fluvial</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profundidad</li> <li>• Velocidad</li> <li>• Sustrato</li> <li>• Cobertura</li> </ul>	

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

#### 2.1.2.1 **Macro-hábitat**

Se define macro-hábitat a la sección longitudinal de un río donde las características morfológicas, físicas y químicas no varían; la longitud de estos segmentos generalmente es 10 a 15 mayor que el ancho medio del cauce. La finalidad de establecer las características actuales del macro-hábitat es para determinar las variaciones que pueda causar las modificaciones en los regímenes de caudales en el tramo de estudio. En esta clasificación entran los tramos aluviales, deltas, tramos encajonados, llanuras de inundación, entre otras.

Para determinar la magnitud, frecuencia, y poder cuantificar y prever un cambio en los regímenes de caudales se usan dos herramientas con las cuales se puede establecer cómo ha sido el comportamiento histórico del caudal en un sitio determinado, estas son:

- Serie Hidrológica de Caudales (SHC)
- Curva de Duración de Caudales (CDC)

La modificación de los regímenes de caudales también afecta a la geomorfología del cauce, razón por la cual es necesario caracterizar la morfología natural, para poder predecir la alteración en el tiempo de los hábitats debido a los procesos de erosión y sedimentación que se presentarían; los cambios que se pueden presentar son de tres tipos:

- Aumento o Disminución: Ocasionada por la variación de la frecuencia e intensidad de caudales; causa la colonización de los márgenes por la disminución de los caudales, y aumento de sección transversal y erosión y sedimentación por el aumento de los caudales.
- Ensanchamiento o profundización: Producida por la variación del balance entre el caudal líquido y sólido de la cuenca. Cuando

existe una mayor cantidad de sedimentos en el agua, estos se depositan reduciendo la profundidad del cauce, produciendo el ensanchamiento del tramo. Por el otro lado, al aumentar el caudal líquido genera una limpieza del cauce, produciendo que este se profundice

- Modificación de los materiales: Cuando existe un aumento o ensanchamiento del cauce, los procesos de sedimentación que estos acarrear sellan el medio intersticial formado por gravas; en cambio, cuando hay una disminución y profundización del cauce el material fino como limos, arcillas, gravas es arrastrado por la corriente, quedando el lecho rocoso.

Estos cambios en los regímenes de caudales generan modificaciones en los hábitats, por ende grandes afectaciones biológicas a organismos de dichos sitios.

#### **2.1.2.2 Meso-hábitat**

Se identifica al meso-hábitat como el tramo fluvial longitudinal, que tiene una distancia casi igual a la anchura del cauce del río; este se

caracteriza por su pendiente, sección transversal y estructura. Los meso-hábitats fluviales se clasifican jerárquicamente en los siguientes:

- Pozas
- Rápidos

Lo anterior, puede ser sub-clasificado en base a 4 niveles, resultando un total de 24 tipos de meso-hábitats. Es importante indicar, que cuando más heterogéneo sea el tramo fluvial, mayor será la diversificación del meso-hábitat.

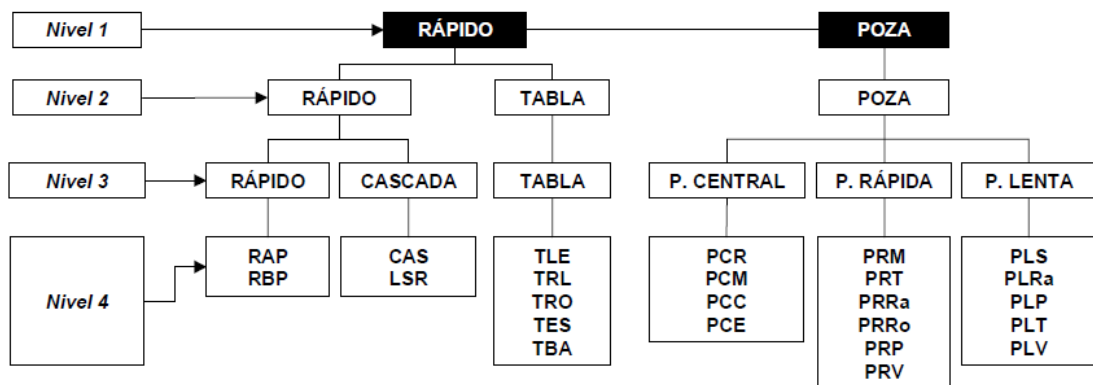


Figura 8. Clasificación Jerarquizada del Meso-hábitat Fluvial (Diagrama)

Fuente: Bisson 1982

En cambio la metodología de Sanz Ronda y Martínez de Azagra (1999), establece 5 tipos de meso-hábitat, tal como se muestra a continuación:

- Rápidos
- Tablas Rápidas
- Tablas Lentas
- Remansos Vadeables
- Remansos

Tabla 2. Clasificación del Meso-hábitat Fluvial (Características)

	RÁPIDOS	TABLAS RÁPIDAS	TABLAS LENTAS	REMANSOS VADEABLES	REMANSOS
<b>Velocidad</b>	>60cm/s	46-60cm/s	30-45cm/s	20-30cm/s	<20cm/s
<b>Pendiente</b>	Elevada	Elevada			
<b>Profundidad</b>	<40cm	25-50cm	25-50cm	<100cm	>100cm
<b>Sustrato</b>	Mayormente Cantos (75-300mm)	Gravas y Cantos	Gravas y Cantos	Gravas, Cantos y Arenas	Gravas, Cantos y Arenas, recubiertos de finos

<b>Índice de Relleno</b>	Menor al 20%	Menor al 30%	Menor al 40%	Mayor al 40%	
<b>Visibilidad del Lecho</b>	Dificultad de visibilidad por turbulencias	Se logra ver el fondo	No presenta dificultades, se visualiza vegetación sumergida	Más o menos visible dependiendo de la profundidad	No es visible

Fuente: Sanz Ronda y Martínez de Azagra (1999)

### 2.1.2.3 Micro-hábitat

El micro-hábitat se define a partir de las características hidráulicas y físicas de determinadas zonas del meso-hábitat, que son usadas por los organismos acuáticos para su supervivencia; estos pueden encontrarse en raíces, árboles, rocas, cuevas, etc. Para la determinación adecuada de un micro-hábitat, hay que tomar en consideración lo siguiente:

1. Selección de especies representativas

Se deberá elegir una mezcla de peces representativos para el funcionamiento de dicho tramo del hábitat, o en su defecto elegir a la especie más sensible a los cambios del caudal.

2. Identificación del tipo hábitat que actúa como cuello de botella

Determinar si el tipo de hábitat afecta a alguno de los estadios de vida de la especie (s) seleccionada (s); lo que afecta directamente en la dinámica poblacional del meso o micro hábitat.

3. Determinar el hábitat óptimo y su variación en el tiempo

Se tiene que determinar las preferencias de la especie de estudio en el tiempo, ya que estas pueden variar dependiendo de la estación del año; o del tipo (s) de micro o meso hábitat, tomando en cuenta que en un tramo fluvial puede variar el tipo de hábitat.

4. Estudiar la continuidad longitudinal y transversal del tramo

## **2.2 FASE 2 - PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Para la planificación del estudio se tiene que tomar en consideración:

### **2.2.1 Componente Socioeconómico**

Para la realización del estudio es importante recabar la mayor cantidad de información relevante acerca de los intereses de cada uno de los involucrados en la negociación para establecer un régimen de caudales ambientales; y planificar la obtención de la información faltante

### **2.2.2 Régimen de Caudales**

Se deben examinar los regímenes de caudales medios históricos y actuales, con la finalidad de poder llegar a un acuerdo entre los involucrados; considerando las afectaciones ambientales y bióticas que puede llegar a causar estos cambios en los medios fluviales

### **2.2.3 Información Biológica**

Se debe recopilar información acerca de las preferencias bióticas (ciclo de vida) de las especies a ser analizadas para el análisis de un régimen de caudal ecológico adecuado.



#### **2.2.4 Cronograma**

Para la ejecución del estudio se establece un cronograma de actividades, que toma en consideración las fases de campo y gabinete.

### **2.3 FASE 3 – DESARROLLO MODELO PHABSIM**

En la presente fase se deben relacionar tanto los parámetros hidráulicos como biológicos. Para ello primeramente se realizan las mediciones de las secciones transversales y se determina el tipo de hábitat de cada sección (rápido, tablas, pozas); posteriormente se miden y establecen las variables que se usan para la simulación, estas son: la velocidad, profundidad, tipo de sustrato, cobertura, y también parámetros físico-químicos como la temperatura, potencial hidrógeno y oxígeno disuelto, entre otros.

Una vez que se obtiene una relación entre el caudal del tramo del río y el hábitat de preferencia de una especie o conjunto de especies en varios estadios de su vida, tanto cualitativa y cuantitativa; se usa el modelo Physical Habitat Simulation Software (PHABSIM), que cuantifica el micro-hábitat físico disponible mediante el cálculo del Índice de Hábitat a partir de la combinación

adecuada de las variables que lo conforman (profundidad, velocidad, sustrato, cobertura).

El modelo conceptual convencional PHABSIM representa el tramo de la sección transversal del río dividido en celdas rectangulares, en las cuales se presume que la profundidad, velocidad, sustrato y cobertura son homogéneos; siendo sustrato y cobertura constantes para cualquier caudal, y la profundidad, velocidad variables predecibles.

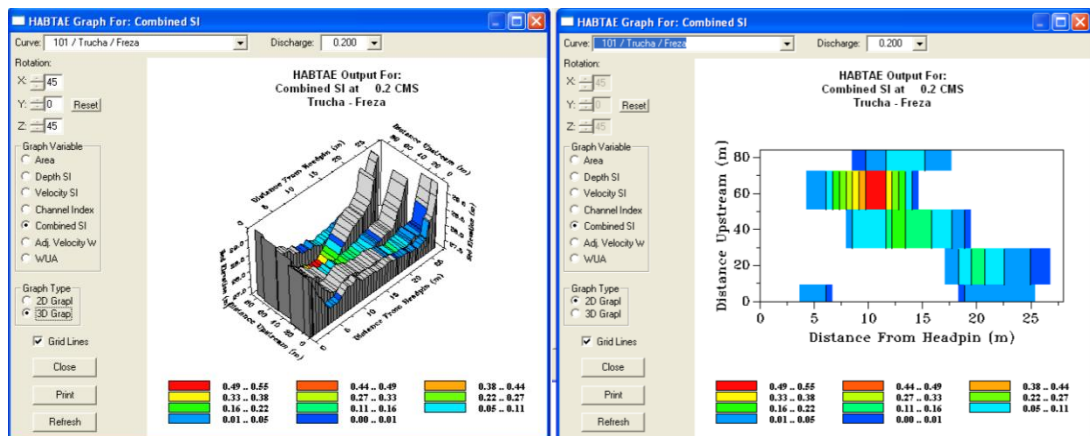


Figura 9. Modelo Conceptual PHABSIM (tridimensional y bidimensional)

Fuente: PHABSIM

Elaboración: Humberto Moreno Vera

Se procede a realizar la evaluación hidráulica previa a incorporar los componente biológicos, debido a proporciona las características de la sección

de transversal de estudio (profundidad, velocidad y sustrato) para luego ser combinada adecuadamente con las preferencias bióticas del organismo (s) elegido (s).

La calidad combinada del ambiente acuático de cada celda, se representa mediante el **Índice de Hábitat (IH)**, el cual agrega idoneidades individuales de los parámetros. La ponderación estándar multiplica idoneidades de la **profundidad (Ip), velocidad (Iv), y sustrato combinado (Is):**

$$IH = Iv \times Ip \times Is$$

La extensión del algoritmo del modelo biológico a todas las celdas del dominio modelable del cauce produce la descripción predictiva de la distribución espacial del organismo objetivo, la cual está determinada por la disponibilidad del hábitat en función del caudal. Repitiendo este proceso con cada uno de los caudales a simular y para las curvas de preferencia seleccionadas, se obtienen las relaciones caudal – hábitat, a partir de las cuales se pueden determinar los caudales ecológicos convenientes para cada organismo. El rango de simulación máximo recomendado para obtener resultados confiables

se halla entre el 40% del caudal observado menor, y el 250% del caudal mayor.

El índice de hábitat más usado en los estudios PHABSIM ha sido la **Superficie Ponderada Útil “Weight Usable Área – WUA”**. Este se basa en la suma de áreas de las celdas ( $A_i$ ) ponderadas por los respectivos índices de hábitat ( $IH_i$ ), es un indicador de las condiciones globales del hábitat durante un caudal. El WUA se expresa como metros cuadrados de hábitat utilizable en una longitud fluvial de 100m ( $m^2/100m$ ).

$$WUA = \sum A_i \times IH_i$$

Adicionalmente existe un evaluador del hábitat alternativo, denominado Índice de Idoneidad del Hábitat **“Habitat Suitability Index – HSI”**, que expresa la calidad global de la oferta eco-hidráulica de modo normalizado entre cero y uno. De su interpretación espacial disponible se derivan las recomendaciones del caudal ecológico.

$$HSI = \frac{\sum A_i \times IH}{\sum A_i}$$

El **Hábitat Total del tramo (HT)** integra el micro-hábitat (celda) generado en los meso-hábitats (sección transversal) de los macro- hábitats (tramo longitudinal) existentes; generalmente se calcula mediante la suma de las WUA de cada macro-hábitat, ponderada mediante el índice de conformidad de la variable empleada para establecerlos (normalmente la temperatura) y la longitud de cada uno de ellos.

$$HT = \sum_{j=1}^n WUA_j \times ICt_j \times L_j$$

Donde:

HT = Hábitat Total del Tramo (m<sup>2</sup>)

WUA<sub>j</sub> = Superficie Ponderada Útil del macro-hábitat "j"(m<sup>2</sup>)

ICt<sub>j</sub> = Índice de conformidad de temperatura en el macro-hábitat "j"

L<sub>j</sub> = Longitud del macro-hábitat "j"

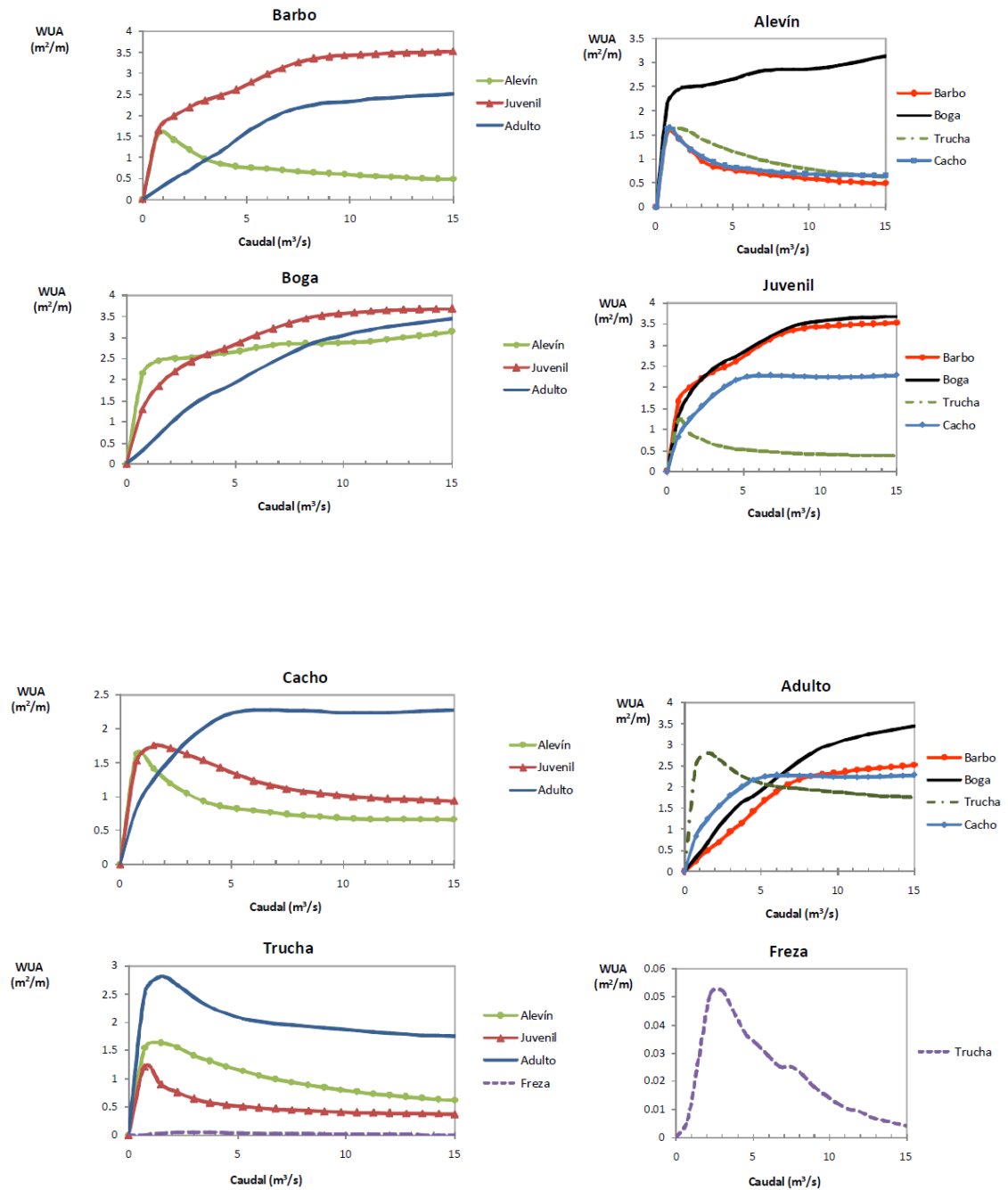


Figura 10. Ejemplo de Evaluación del Hábitat Acuático para distintos estadios de vida de la ictiofauna objetivo sobre el río Sorbe (Cuenca del Tajo, España)

Fuente: J. M. Díez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

## **2.4 FASE 4 – ANALISIS DE ALTERNATIVAS**

Para la elección de una alternativa adecuada y que medie con los distintos intereses de sus involucrados, es necesaria una negociación que satisfaga los objetivos comunes en lo que respecta a efectividad, factibilidad, riesgo y valoración económica. En la presente fase se evalúa el efecto de cada alternativa resultante de las preferencias bióticas de una especie o conjunto de especies sobre el ecosistema fluvial, comparando el régimen de caudales propuesto con el de la situación inicial. Para ello se usan tres herramientas:

### **2.4.1 Serie Temporal de Hábitat (STH)**

Representa la evolución el Hábitat Total (HT) en el tiempo bajo una alternativa determinada; además cuando se desee evaluar el hábitat efectivo para la subsistencia de un estadio de vida determinado para una especie, se puede usar la Serie Temporal del Hábitat Efectivo (STHE). El análisis de la STH no es sencillo ya que compara las preferencias de varias especies y en diferentes estadios de vida, y la alternativa seleccionada puede perjudicar o beneficiar a otras especies en sus diferentes estadios.

#### **2.4.2 Curvas de Duración de Hábitat (CDH)**

Esta herramienta refleja la cantidad de Hábitat Total (HT) que es igualada o superada durante un porcentaje de tiempo; considera una alteración del hábitat de manera extraordinaria cuando hay una variación  $<10\%$  y  $>90\%$ ; y ordinaria cuando esta se encuentra entre el  $10\% - 90\%$ .

#### **2.4.3 Hábitat Total Acumulado (HTA)**

La acumulación en un periodo de tiempo determinado del Hábitat Total (HT) como resultado de cada alternativa, se representa generalmente en histogramas que indican los efectos provocados en cada estadio de vida o en la población en conjunto.



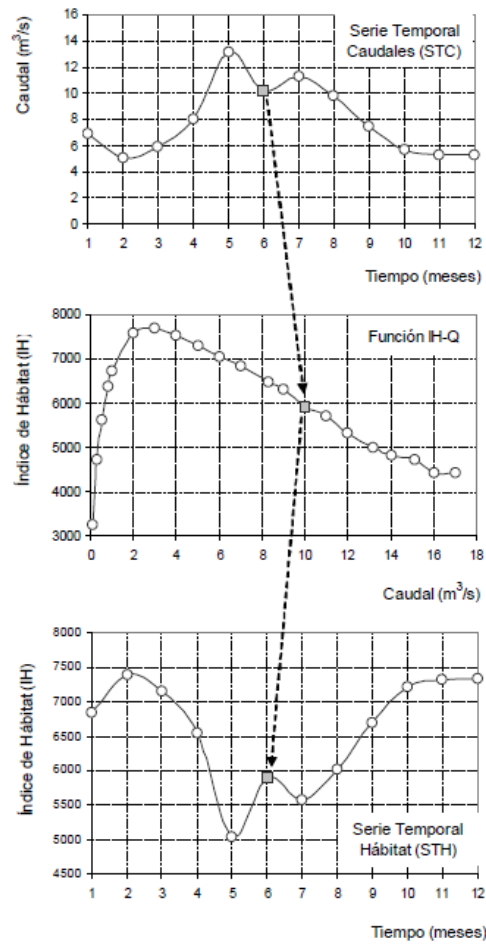


Figura 11. Ejemplo de la Elaboración de la Serie Temporal de Hábitat (STH) de promedios mensuales para la trucha común en el río Carrión (Barrios de la Vega, España)

Fuente: J. M. Díez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

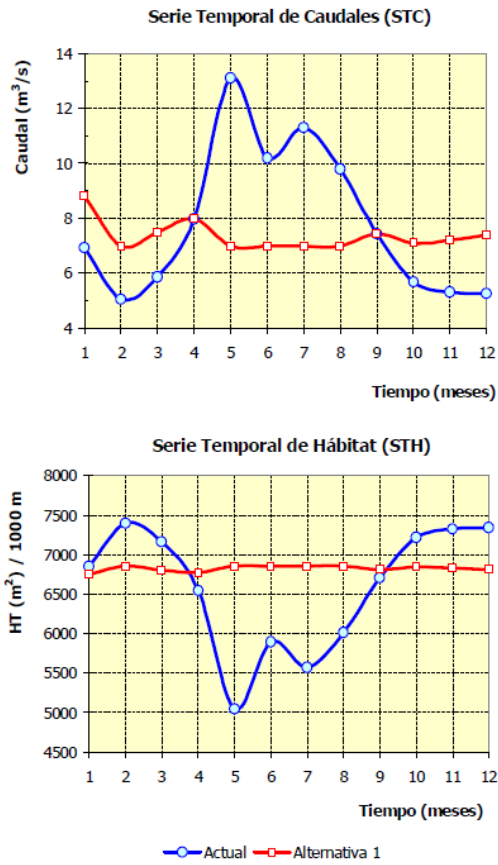


Figura 12. Ejemplo de Comparación de alternativas usando las STH

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

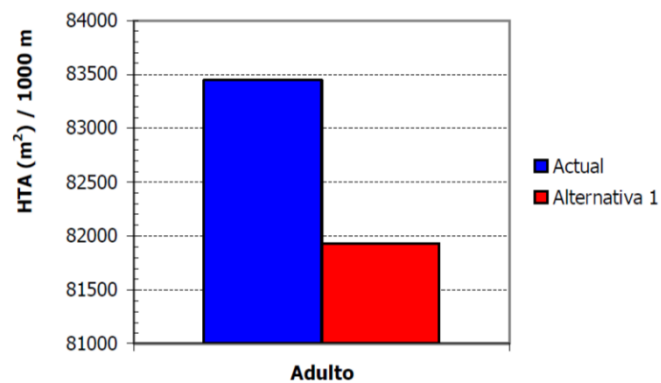


Figura 13. Ejemplo de Comparación de alternativas usando las HTA

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

## 2.5 FASE 5 – SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

Valoradas todas las alternativas, se deberá elegir la más apropiada. Esta no es una elección fácil debido a que no hay garantía de que exista una única alternativa óptima,, ya que la valoración biológica y económica nunca es totalmente correcta, los datos de campo nunca son exactos y los métodos usados no son perfectos.

Para lograr el éxito en la negociación se recomienda lo siguiente:

- Examinar exhaustivamente los intereses y objetivos, antes de la negociación
- Comprobar que la idea previa que se tiene de los grupos es cierta

- Centrarse en el tema fundamental y con caer en discusiones irrelevantes
- Esforzarse constantemente para lograr una alternativa que respete todos los intereses
- Utilizar una metodología correcta y aceptada por todos para comparar las alternativas
- Explicar detalladamente la solución adoptada
- Plasmar por escrito el acuerdo logrado, para que cada parte lo firme y se comprometa a respetarlo.

Es importante que los regímenes de caudales ecológicos protejan los procesos geomorfológicos y ecológicos del tramo y aguas abajo, razón por la cual se deben establecer caudales de mantenimiento para limpiar el cauce “Caudal de Lavado” y evitar la sedimentación por sólidos finos “Caudal de Arrastre”, y también se deben fijar “Caudales Generadores del Cauce” y “Caudales de Inundación” para mantener el funcionamiento biológico, hidrológico y morfológico de las zonas aguas abajo.

## Capítulo 3: DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

### 3.1 COMPONENTE FÍSICO

Geográficamente la ciudad de Guayaquil se encuentra ubicada en la latitud 2° 19' Sur y longitud 79° 53' Oeste, a una altura promedio de tres metros ochenta centímetros sobre el nivel del mar. Crece sobre una sabana y se ha ido extendiendo en zonas de manglares, a orillas del estero Salado y hacia el norte principalmente en las faldas de la Cordillera de Chongón y Colonche.

Para la realización de la descripción de los componentes ambientales como parte de proyecto de tesis se realizó una recopilación de información secundaria relevante el área, y en algunos casos se realizaron mediciones.

#### 3.1.1 Climatología

En la Cuenca del Guayas no es posible establecer un clima particular debido a su amplitud en dos regiones, la Costa y parte de la Sierra, y además, su Clima está influenciado, no solamente por al Océano Pacífico, sino por el Clima del Caribe y el de la Región Amazónica, de forma intermitente. La zona de estudio está representada por la Climatología de la Ciudad de

Guayaquil, cuya clasificación se encuentra dentro de la categoría de clima tropical megatérmico seco a semi-húmedo (Porrout et. al., 1.995)

El periodo más seco en 96 años registrado en Guayaquil fue el que se presentó entre 1960 y 1972, en que los ríos de la Costa se secaron en 1968, como el Daule y los de las provincias de Manabí, El Oro y Loja. Por el contrario, los Niños de 1925, 1983 y 1997-1998, fueron los más desastrosos por las inundaciones y deslizamientos causados. La disponibilidad de agua en la Cuenca del Guayas se vuelve crítica en ciertos periodos por varios años, según los registrados desde 1915, donde prácticamente la lluvia media fue el 50% de la media anual entre 1960 y 1972.

Para la descripción de la climatología del presente proyecto, se tomo como referencia la información meteorológica del periodo 2002-2010 de la estación denominada Guayaquil Universidad del Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología (INAMHI), localizada en las siguientes coordenadas geográficas: 02°09'12"S y 79°53'00"W.

### 3.1.1.1 Temperatura Media

La época seca o de los meses relativamente fríos (junio - diciembre) tiene temperaturas medias de 24,20°C a 28,10°C y en la temporada lluviosa época cálida (enero - mayo) se alcanzan temperaturas entre 25,74°C y 28,60°C. La temperatura media anual del aire es de 26,40°C. Los valores extremos alcanzan 35,20°C y 19,85°C. La siguiente figura muestra la curva promedio de temperatura de la ciudad de Guayaquil.

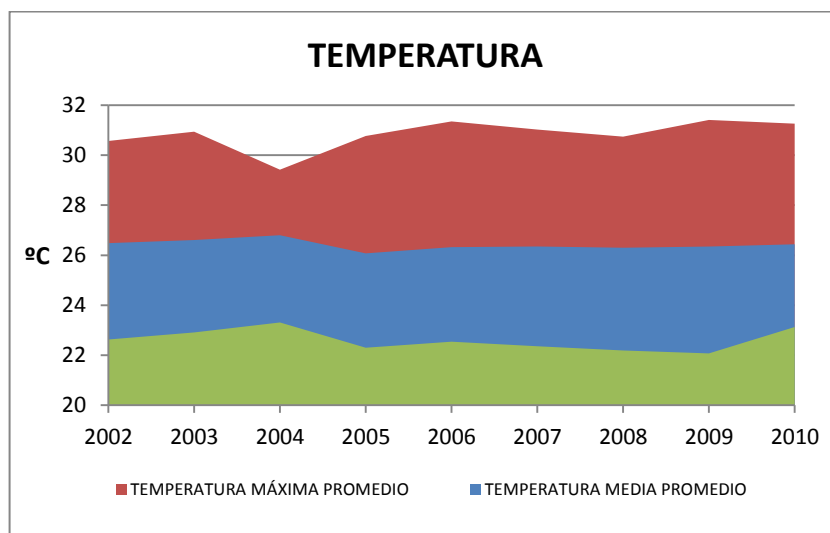


Figura 14. Temperatura Anual Promedio Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

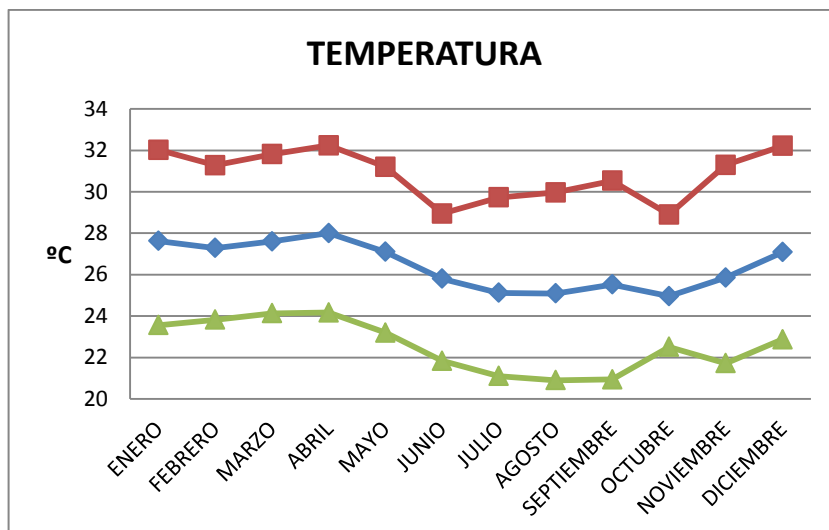


Figura 15. Temperatura Mensual Promedio Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.1.2 Precipitación

El patrón de precipitaciones en la zona consiste en descargas copiosas durante los primeros meses de año, en un período llamado "invierno" (Época cálida y húmeda) seguido de un período sin lluvias conocido como "verano" (Época fría y seca) que se desarrolla a partir del sexto mes, y ha sido alterado ocasionalmente por el desarrollo de un Evento de escala global denominado El Niño, el mismo que provoca lluvias en los meses denominados secos intensificando las precipitaciones en general. En la ciudad de Guayaquil se tiene una precipitación promedio



mensual de 88,13 mm de lluvia; obteniéndose un máximo mensual promedio de 319,10 mm en la época lluviosa (Enero – Mayo), siendo el mes de Febrero el que presenta mayor precipitaciones; y un mínimo mensual promedio de 0,14mm en el periodo seco (Junio – Diciembre), siendo el mes de Agosto el más seco del año.

En la siguientes figuras, se presentan la precipitación mensual promedio, como anual acumulada de Guayaquil.

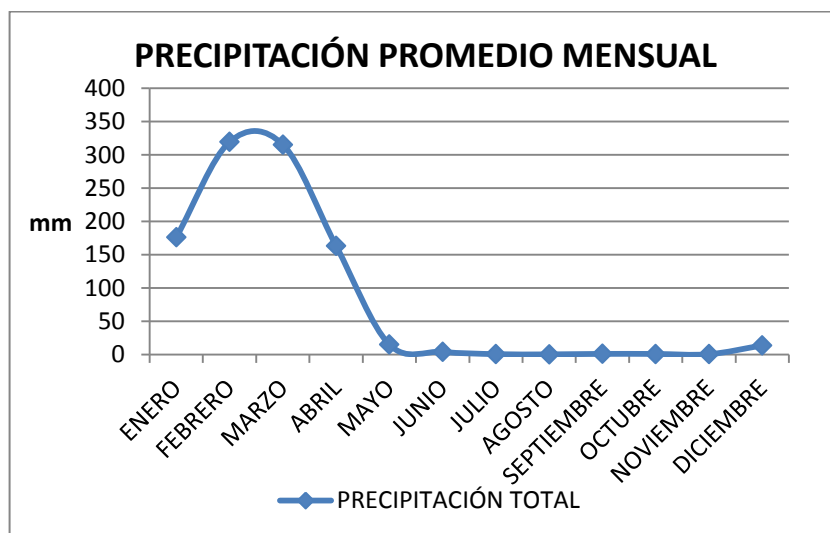


Figura 16. Precipitación Mensual Acumulada Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

Como se puede observar en el siguiente gráfico, tenemos que en los años 2002 y 2008 se presentó una mayor cantidad precipitación, 1530,80

y 1518,70 mm de lluvia; mientras que los años 2004 y 2005 tuvieron una precipitación acumulada de 681,90 y 559,90 mm.

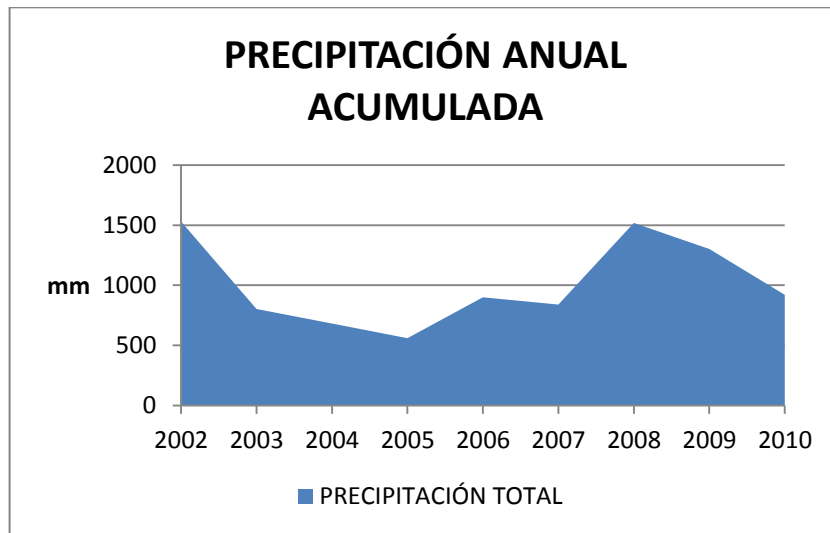


Figura 17. Precipitación Anual Acumulada Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.1.3 Condición El Niño vs Precipitaciones

Una de las mayores alteraciones en el sistema Océano-Atmósfera en la región Indo - Pacífico es la Oscilación del Sur, y relacionada con ella frente a la costa sudamericana el Fenómeno El Niño; la comunidad científica mundial agrupa a estos dos eventos bajo un solo término: Evento ENOS (El Niño Oscilación del Sur).

El Niño ha sido catalogado como un evento atípico, acíclico pero recurrente, pues sus manifestaciones no siempre tienen el mismo patrón de comportamiento ni se presentan en un determinado periodo; sin embargo, Modelos Matemáticos de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano de los Estados Unidos (NOAA) sugieren que la presencia de esta anomalía es de entre 7 u 8 años. El Niño describe una anomalía océano - atmosférica de gran escala generada en el Pacífico tropical Occidental, caracterizada fundamentalmente por el flujo no periódico de aguas extremadamente cálidas (28°C – 30°C) en el Pacífico tropical oriental, particularmente en Ecuador y Perú. Estas invasiones de agua anormalmente cálidas producen dramáticos cambios en los regímenes meteorológicos, oceánicos y biológicos. En los últimos 45 años (1.963 – 2.008) han ocurrido 7 Eventos ENOS: 1.965, 1.972-73, 1.976, 1.982-83 (el de mayor intensidad), 1.987, 1.992 y 1.997-98.

En términos Oceanográficos se puede considerar a este evento como la respuesta dinámica del Océano Pacífico tropical a las fluctuaciones de los sistemas de presión en la atmósfera y por tanto del régimen de vientos. En condiciones normales, la diferencia de presión entre el

Centro de Alta Presión del Pacífico Sur-Oriental y el Centro de Baja Presión de Indonesia y norte de Australia, gobiernan los vientos alisios ecuatoriales que soplan hacia el oeste, siendo éstos más fuertes, cuanto mayor es la diferencia de presión entre los dos centros.

Durante los eventos ENOS, la acumulación de agua cálida a lo largo de la costa ecuatoriana es excesiva y el litoral ecuatoriano sufre fuertes precipitaciones debido principalmente a un anormal desplazamiento hacia el sur de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT); esto produce un incremento desmesurado de las precipitaciones y por lo tanto daños en los cultivos de la región, deslaves y desastrosas inundaciones.

En la siguiente figura se presenta la precipitación de Guayaquil durante un periodo comprendido de 1.948 – 2.002, en el cual se puede observar que las mayores lluvias se presentaron en el año 1.983, y 1.998, coincidiendo con los Eventos El Niño del 82 - 83 y del 97 - 98. Se puede observar también que el rango que se considera normal está por debajo de los 1.000 mm de precipitación anual.

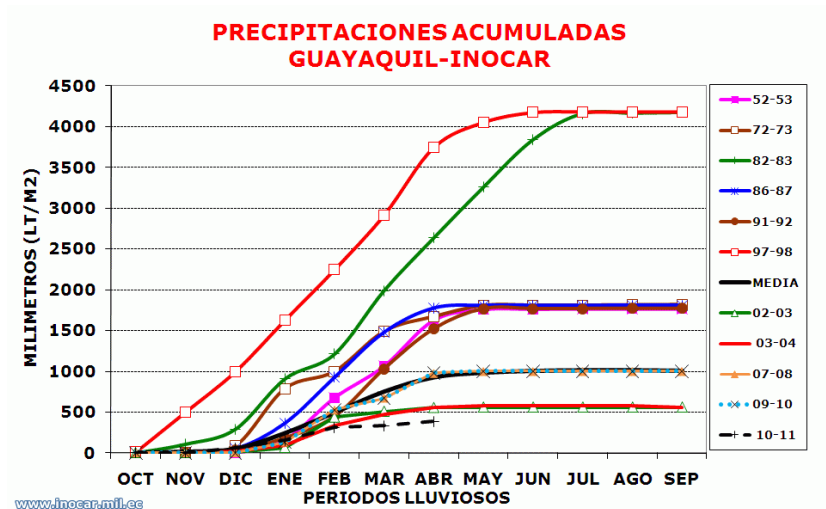


Figura 18. Precipitación anual promedio Guayaquil

Fuente: Instituto Oceanográfico de la Armada, INOCAR 2012

#### 3.1.1.4 Humedad Relativa

El área geográfica tiene un alto índice de evaporación y la humedad relativa registra valores mayores del 80%, que se incrementa en temporada lluviosa, en la siguiente figura se presenta la curva de Humedad Relativa. El porcentaje de humedad relativa promedio que se obtuvo para la ciudad de Guayaquil es de 72,89%.

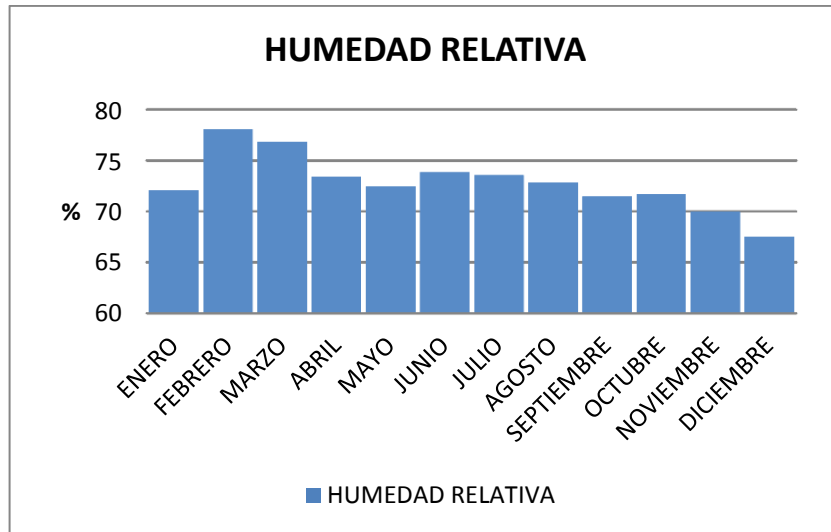


Figura 19. Humedad Relativa Promedio Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.1.5 Evaporación

La evaporación es el cambio de fase del agua de un estado líquido a sólido por absorción de calor que va de los cuerpos de agua hacia la atmósfera. A mayor evaporación la atmósfera estará más húmeda llegando más rápido a un estado de saturación, lo que eleva la probabilidad de precipitaciones. En la ciudad de Guayaquil se tiene una evaporación promedio mensual de 133,71 mm de lluvia; obteniéndose un máximo mensual promedio de 138,96 mm de la época lluviosa (Enero – Mayo), siendo el mes de Abril el que presenta mayor evaporación; y un

mínimo mensual promedio de 90,48mm, siendo el mes de Febrero el que posee menor evaporación en el año. En lo que respecta a la época seca (Junio – Diciembre), se obtuvo un máximo mensual promedio de 159,40 mm, siendo el mes de Diciembre el que presenta mayor evaporación; y un mínimo mensual promedio de 111,73mm, siendo el mes de Junio el que posee menor evaporación en el año.

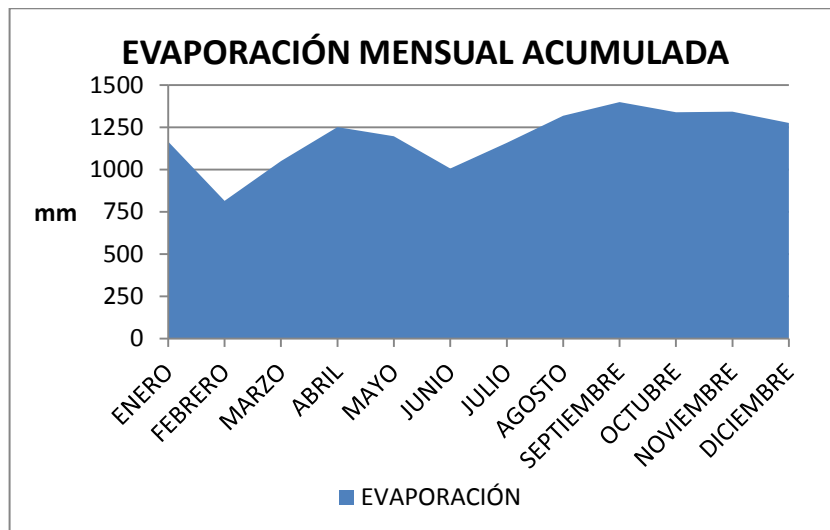


Figura 20. Evaporación Mensual Acumulada Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

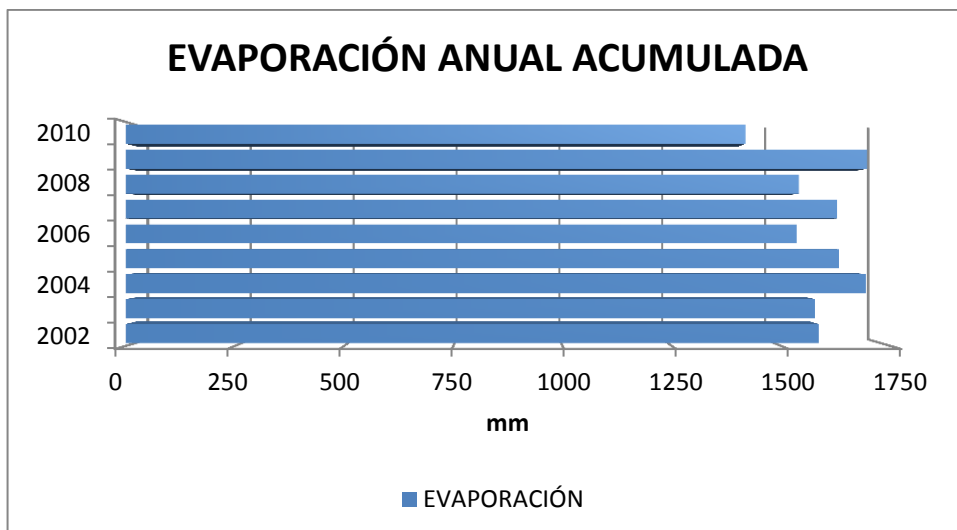


Figura 21. Evaporación Anual Acumulada Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.1.6 Tensión de Vapor

La tensión de vapor ejercida por el vapor de agua contenido en un volumen de aire saturado se llama tensión por vapor saturante a la temperatura del aire contenido en ese volumen. La tensión de vapor saturante varía con la temperatura, siendo 24,23hPa el valor mensual promedio para la ciudad de Guayaquil.



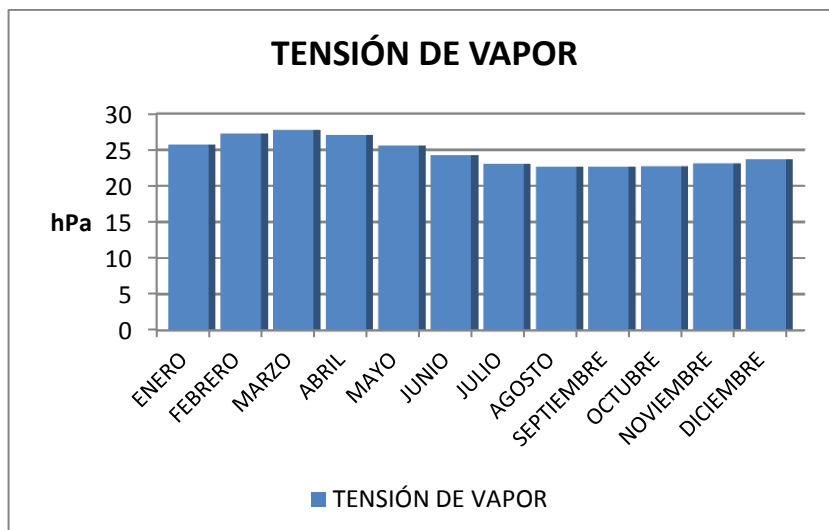


Figura 22. Tensión de Vapor Mensual Promedio Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.1.7 Punto de Rocío

El Punto de Rocío mensual promedio para la ciudad de Guayaquil es de 20,87°C, valor al que debe descender la temperatura del aire para que el vapor de agua existente comience a condensarse.

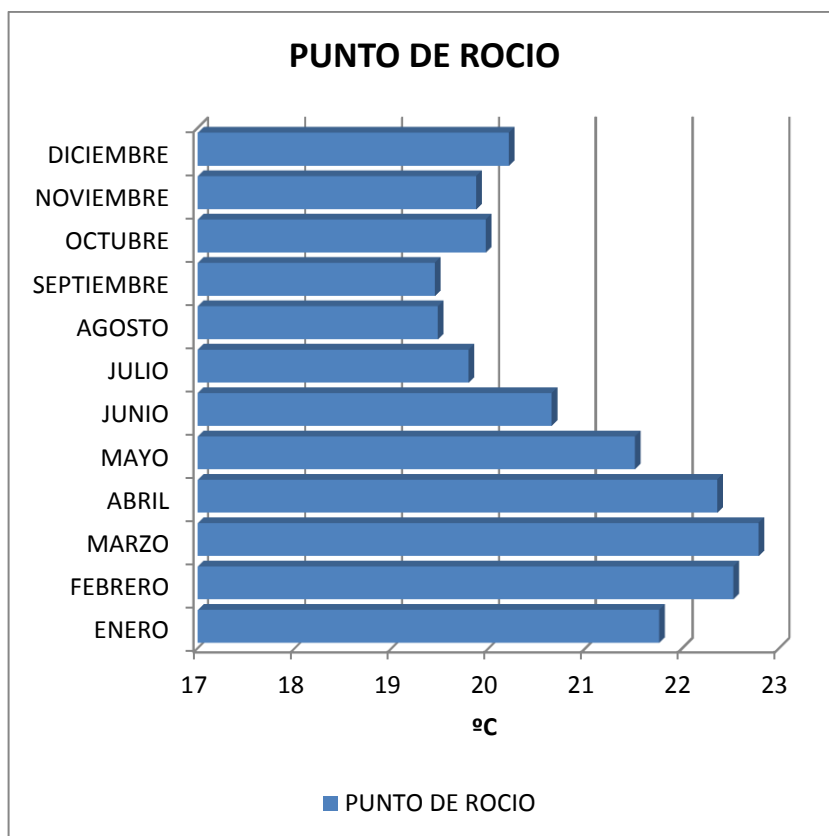


Figura 23. Punto de Rocío Mensual Promedio Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.1.8 Heliofanía

La heliofanía se denomina al período de tiempo (expresado en horas) durante el cual un lugar ha recibido radiación solar directa. La ciudad de Guayaquil presenta una heliofanía promedio mensual de 104,10 horas; siendo el mes de Septiembre (142,41 horas) en el que existe una mayor radiación solar, y el mes de febrero en el que se presenta una menor

heliofanía (62,29 horas). Es importante indica que el año 2004 (1419,50 horas) presentó una mayor radicación solar directa acumulada, mientras que el año 2008 presentó lo contrario (991,30 horas).

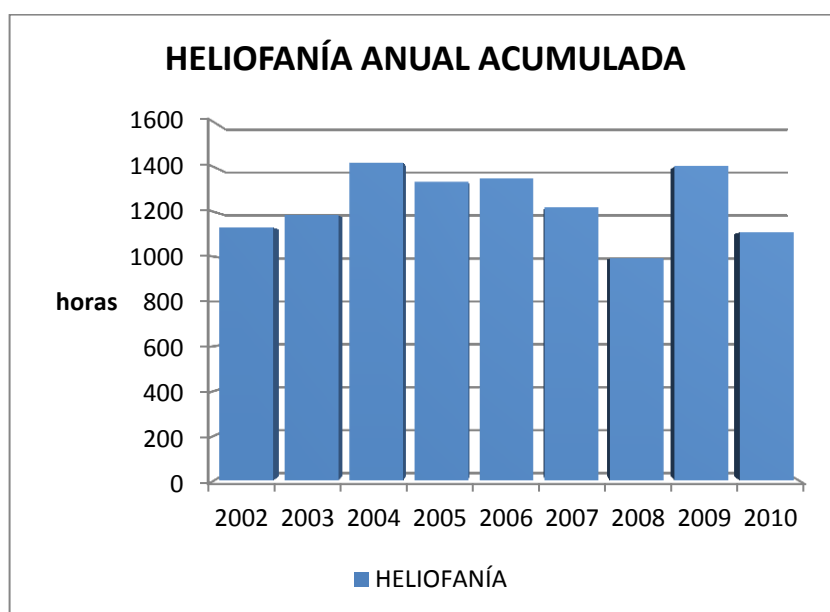


Figura 24. Heliofanía Promedio Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.1.9 Nubosidad

La nubosidad es la fracción de cielo cubierto con nubes, en un lugar en particular; y se expresa en octas, u octavos de la bóveda celeste. La nubosidad es máxima en invierno y mínima en verano; en la ciudad de Guayaquil se obtuvo un máximo de 7 octas en los meses de Enero –

Marzo (Invierno), y un mínimo de 5 octas en el mes de Septiembre (Verano).

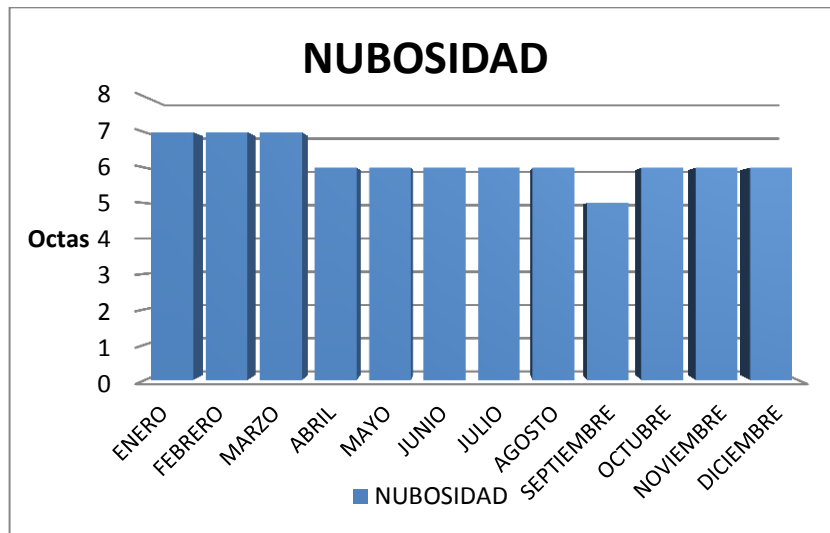


Figura 25. Nubosidad Mensual Promedio Guayaquil

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

#### 3.1.1.10 Dirección y Velocidad del Viento

La ciudad de Guayaquil se caracteriza por tener vientos predominantes provenientes del Suroeste (SW), con una velocidad promedio de 1,29 m/s. Siendo la época de verano (Junio – Diciembre), y específicamente el mes del mes de Septiembre (1,63m/s) donde se presenta vientos con mayor velocidad. Y por otro lado el mes de Febrero (0,95m/s) de la

época de Invierno donde se presentan las menores velocidades del viento.

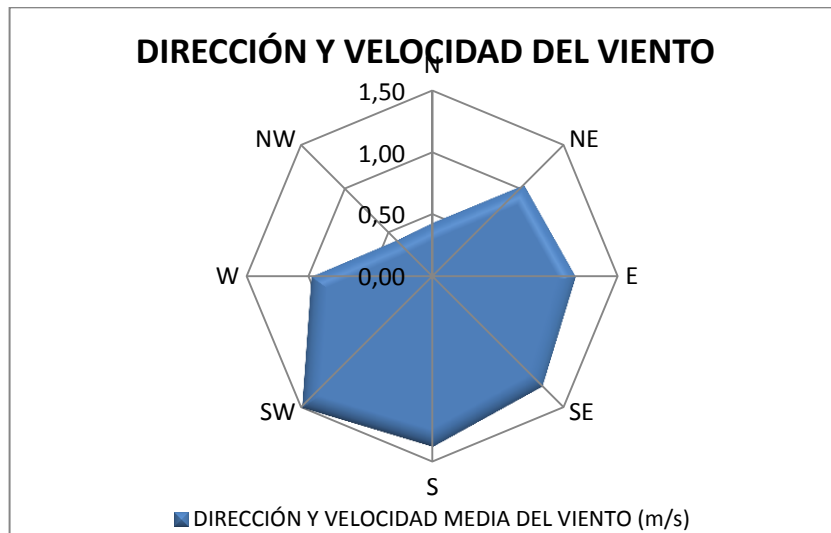


Figura 26. Dirección y Velocidad del Viento

Fuente: INAMHI 2002 - 2010

### 3.1.2 Geología [2]

La Ciudad de Guayaquil se asienta mayormente sobre depósitos aluviales.

Esto es así en particular en los sectores Centro, Sur y Suroeste de la urbe.

Los depósitos aluviales consisten en materiales arrastrados por los cursos

de agua, tales como areniscas, o son provenientes de otras formaciones.

---

2 Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario, Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A. 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suárez Changuán.)

Los depósitos aluviales son de origen geológicamente reciente – periodo Cuaternario.

Hacia el Norte y Noroeste de la ciudad se presenta la formación geológica Cayo, del periodo Cretácico superior, constituida por areniscas, grauvacas, lutitas y argilitas, de color gris, verde o habano. Todos los cerros que afloran en la ciudad de Guayaquil presentan rocas pertenecientes a esta formación.

Hacia al Oeste de la ciudad se ubica la formación San Eduardo, periodo Eoceno, conformada por calizas estratificadas. Esta formación se encuentra en un contacto discordante con la conformación San Eduardo y es fuente de materia prima para la elaboración de productos minerales no metálicos, caso de cemento y agradados.

Finalmente, en el extremo Norte de la ciudad, en la cercanía con la planta de procesamiento de agua potable La Toma, se presenta la formación Piñón, de edad Jurásica, y compuesta de rocas ígneas básicas - granitos, riolitas, basaltos, andesitas - con interrelaciones de escasos estratos marinos. Los cerros del área de Pascuales presentan estas características.

Según lo indicado, se puede establecer por las cercanías de los afloramientos Cretácicos y Terciarios de los declives meridionales de la cordillera de

Chongón y el Cerro de Taura, que las acumulaciones cuaternarias (depósitos no consolidados) están al parecer subyaciendo directamente a estas unidades con espesores aparentemente considerables.

En cuanto a la Litología, como se ha manifestado, la estructuración del área está relacionada a la configuración deltáica en la que el Río Guayas ha sido y es el responsable de importantes aportaciones de sedimentos por arrastre y suspensión, con una participación minoritaria en la actualidad por parte del sistema de canales del Estuario.

Importantes aportaciones de arena acarreadas por el Río Guayas dieron lugar a la formación tanto de barras de punta como de canal que fueron paulatinamente aislando al Estero Salado de la influencia directa del agua dulce. Esto a su vez permitió el surgimiento de un medio sedimentario de baja energía, sucediéndose así la lenta acumulación de grandes cantidades de depósitos periódicos de materiales finos, limos y arcillas colmando así el área hasta su transformación.

Estructuralmente el área no reviste importancia, pues son acumulaciones horizontales cuaternarias (recientes), sin perturbación alguna, sus

respuestas a cualquier evento sísmico son relativas a sedimentos, es decir, a materiales no consolidados.

### **3.1.3 Geotécnica [2]**

De las características geológicas descritas, en la Ciudad de Guayaquil predominan suelos compuestos por depósitos aluviales, por lo que a fin de establecer edificaciones se ha requerido históricamente el uso de material de relleno. Este material es denominado cascajo, consiste de grava arenosa y proviene de las canteras de los cerros de la ciudad. El nivel freático es bajo, variando entre 1,0 m en algunos sectores del norte de la ciudad, cercanos al Río Daule, hasta 2,6 m.

En el caso de los sectores al Sur de la ciudad, El Guasmo, la capa de material de relleno varía entre 0,70 m hasta 2,0 m inclusive, para dar paso luego un suelo arcilloso. Este suelo varía en consistencia, iniciando con arcilla amarillenta media dura, y luego a arcilla gris blanda.

El caso de la Isla Trinitaria merece ser resaltado debido a que el área urbana ha sido levantada sobre material procedente del dragado de canales navegables en el Estero Salado. Aquí la capa material de relleno (cascajo)



alcanza valores menores, hasta 0,7 m, y luego se inicia el material arenoso limoso procedente del dragado (relleno hidráulico), con profundidad de hasta 2,0 m, para finalmente encontrarse una capa de arcilla gris verdosa blanda. La Isla Trinitaria era originalmente un área de manglar.

En los sectores al Norte de la ciudad, tales como Mapasingue e Inmaconsa, los suelos consisten de una capa de depósitos aluviales y coluviales, seguido de rocas sedimentarias, procedentes de la formación Cayo. En sectores puntuales es factible encontrar rocas duras, por ejemplo asalto, procedente de la formación Piñón.

#### **3.1.4 Geomorfología Fluvial de la Cuenca del Guayas [3]**

Se conoce por la experiencia en perforaciones petroleras y gracias a tres grandes estudios de los proyectos Daule Peripa, Catarama y Baba, realizados por CEDEGE, que un relleno de casi 2 Km de espesor cubre la antigua depresión de la Cuenca del Guayas, y lo componen los sedimentos producidos por la erosión de las rocas originales y las erupciones recientes que aún se presentan en nuestros días, por los volcanes Cuicocha,

---

3 Revista de la Universidad de Guayaquil N° 110, Enero – Abril 2011, pp. 5 – 12 ISSN 1019 – 6161

Pululahua, Guagua Pichincha, el Ninahuilca, Tungurahua y el inactivo Quilotoa.

Esta alternancia de aluviones gruesos y finos, restos volcánicos, manglares antiguos y la meteorización propia de nuestro Clima, ha dado lugar a formaciones conocidas como Balzar y Pichilingue, en el centro y extremo oeste de la Cuenca, y San Mateo, ubicada contra los flancos de la Cordillera Occidental.

Los procesos morfológicos recientes han ocasionado un sistema de drenaje detrítico - trenzado, dependiente en gran escala de la debilidad o dureza de estos sedimentos generalmente depositados en forma horizontal, formando una planicie aluvial inundable bordeada, al Norte por el gran abanico Aluvial de Santo Domingo, Al Sur por el Nivel Base o control Hidráulico del Golfo, al Norte por el gran abanico Aluvial de Santo Domingo, al Sur por el Nivel Base o control Hidráulico del Golfo de Guayaquil, y al Este con la estribaciones Occidentales de Los Andes.

De ahí que la Hidráulica del Río Daule, que nace cerca de El Carmen y corre bordeando el pie de la Cordillera Chongón Colonche, se gobierne por espigones naturales en forma de pequeñas lomas que aún sobreviven en las

terrazas, como mogotes de Cangagua, que es una roca blanda, unas veces más cohesivas o arenosas que otras, etc. Entre estos mogotes distantes entre sí 1 o 2 Km, podemos encontrar antiguas lagunas formadas por fuerte erosión, rellenas con sedimento fino, arenas limosas, arcillas orgánicas de pantanos, acarreado por las inundaciones y lluvias de cenizas, sobre el manto arenoso aluvial, generalmente usadas para arrozales al Centro y Sur de la Sub cuenca.

En medio de la Cuenca alta del Guayas, corre el Rio Peripa que nace aguas abajo de Santo Domingo, con mayor pendiente que el Daule, al igual que el Río Baba, origen del Babahoyo, que bordea el pie de la Cordillera de Los Andes, los que en la actualidad se juntan, para forma el Babahoyo.

La Hidrodinámica entonces se regula por el avance de los sedimentos terracedos hacia el Sur y Norte, en la Provincia de Esmeraldas, y hacia el Sur, hacia el Golfo, donde el originalmente los estuarios recientes fueron retrocediendo, y que en la actualidad, en el caso del Rio Guayas, el mar ha vuelto a crecer y va penetrando al Norte, por la elevación del nivel cercano a 2mm anuales.

En pocas palabras, los derrames desde los Andes de cenizas, lahares y lava descendieron desde los 4000m hacia el Mar de Guayaquil, y la avalancha majestuosa se detuvo en los flancos de la Cordillera Chongón Colonche, como se muestra la Cangagua y los lahares en la Foto siguiente, donde está cimentado el Estribo Izquierdo de la Presa.

En el Centro, el control hidráulico de un gran abanico al Este del Río Quevedo, que bloquea al Río Catarama en su cabecera, desvía al Río Quevedo aguas abajo de Mocache, originado por las descargas de los ríos Baba, Lulu y San Pablo, formando con el Catarama un gran abanico aluvial, aguas abajo flanqueando depresiones entre ambos ríos, llamadas abras, actuales Humedales, como las Abras de Mantequilla y Puebloviejo, que descargan por canales naturales de los Ríos Nuevo, así como por del Río Puebloviejo, paralelo al Río Catarama.

De igual forma que el Río Puebloviejo, el Macul-Pula, que corre desde Quevedo hasta Nobol, flanqueado por los ríos Daule y Vinces, forma una drenaje interior muy reciente.

Al Este de Guayaquil se ubica la Cuenca Baja del Guayas, de 70 m de extensión hasta Bucay y La Troncal, y por el Sur, limita con el Río Santa

Rosa, cuenca por donde drenan innumerables ríos que nacen desde los flancos occidentales o valles interiores de Los Andes tratando de cerrar lentamente al Río Guayas por el Este, con sus descargas de sedimentos. Luego, en drenaje paralelo, corren sobre la planicie aluvial inundable, los ríos Chimbo, Bulubulu, Cañar, Naranjal y Jubones, etc. Esos ríos drenan directamente al Río Guayas o al Canal de Jambelí en el Golfo, los que junto a los ríos Santa Rosa, Arenillas, Santa Rosa, y el Río Tumbes, forman parte la parte Sur de la Hidrografía de la Cuenca del Guayas, que rodea la masa de agua del Golfo de Guayaquil.

Particular importancia tiene el Gran Meandro de la Isla Santay, sobre la seguridad de la margen izquierda del Río Daule y derecha del Babahoyo, en la misma ciudad de Guayaquil. En efecto, el Río Babahoyo antes de unirse al Daule, gira por su margen derecha, en un arco de un gran diámetro, golpea en el Cerro Santa Ana, y como un sierra intenta recortar el barranco de arcilla, represando al Río Daule y dejando un gran meandro por su margen izquierda, aguas abajo del Cerro de la Cabras, antes de tomar la tangente hacia el Golfo desde el Estero Cobina, al Sur del Guasmo. El represamiento del Daule durante las grandes avenidas, lo

obligó a descargar por el actual Estero Salado, el que por embancamiento posterior se cerró hace pocos siglos. En 1920 ante la intensa socavación del malecón de Guayaquil, el Municipio contrató los estudios y la construcción de un tablestacado de acero que protegió durante décadas con mucho éxito, la orilla entre la antigua Aduana y la calle Sucre.

En la siguiente foto, tomada por el IGM en 1961, se muestra parcialmente el Este de la ciudad de Guayaquil, donde se aprecia la doble curvatura del Río Babahoyo, controlada en primer lugar por el Cerro de Durán y luego por el Cerro Santa Ana, formando un arco de gran diámetro que corta el barranco del Malecón de Guayaquil, desde Las Peñas, bloqueando al Río Daule.

En la foto también es visible en la parte superior, un antiguo canal del Río Babahoyo, vecino a la Isla Mocolí, sector actualmente con urbanizaciones.

La elevación del mar que se ha hecho notable en los últimos dos siglos, (2 mm anuales) , así como la sedimentación, el antiguo Islote El Palmar, fenómenos irreversibles que deberá ser considerados por el Municipio para controlar la inundación permanente de esos sectores, así como el drenaje del agua lluvia, al interior de la ciudad durante El Niño



Figura 27. Este de la ciudad de Guayaquil, donde se aprecia la doble curvatura del

Río Babahoyo

Fuente: IGM 1961

Elaboración: Revista de la Universidad de Guayaquil N° 110, Enero – Abril 2011

#### **3.1.4.1 Erosión. [3]**

En la Cuenca del Río Guayas se identificaron 5 regiones Geodinámicas, con diferente susceptibilidad de erosión hídrica que predominan en los 7,5 Hm<sup>3</sup> de volumen de sedimentación anual en la Cuenca, y que son:

- La Región Este y Noreste, que incluye la vertiente occidental y el pie los Andes, al Norte del Chimborazo, está cubierta generalmente de aluviones, alternados con productos volcánicos juveniles, como cenizas, lahares, piroclastos, sedimentos lacustres, y, eventualmente coladas de lava.
- La Región Sureste, que incluye la vertiente occidental y el pie los Andes, al Sur del Chimborazo, que incluye las cuencas altas de los Ríos Chimbo, Chanchan, Bulubulu y Cañar, generalmente cubiertas de cenizas volcánicas sobre aluviones finos y gruesos, con alta densidad de deslizamientos y movimientos de laderas.
- Oeste Central, en la margen derecha del Río Daule, cubierta por limolitas, areniscas finas, lutitas, conglomerados, y lodos provenientes de las Formaciones del Grupo Daule. Generalmente Tubificables e inestables por lluvias intensas.
- La Central Norte, comprende la cabecera y tramo central de los ríos Daule, Vinces y Catarama, cubierta por terrazas con productos volcánicos meteorizados, areniscas y cangaguas, alternadas con aluviones consolidados.



- La zona de esteros con mareas al Sur de Palestina, entre la margen derecha del Daule y la izquierda del Babahoyo, y parte del estuario del Río Guayas, generalmente inundables.
- Valles de las estribaciones de los Andes, donde predominan los depósitos volcánicos recientes, generalmente cenizas inestables por lluvias intensa.
- Adicionalmente debe incluirse la sedimentación provocada por la marea que mantienen lodos en suspensión y que se depositan en las riberas, esteros y bajos de la zona E.

#### **3.1.4.2 Suelos [3]**

Desde el punto de vista de la Ingeniería Geotécnica y Ambiental, se pueden identificar los suelos de manera general con importancia para la construcción, de la siguiente forma:

- Suelos Erosivos, en el numeral anterior se han identificado una zonificación de vulnerabilidad de suelos para la erosión superficial, causada particularmente por lluvias intensas, como origen de la sedimentación principal del sistema Hidrográfico y

del Estuario del Río Guayas. Sin embargo debemos enfatizar que las fuentes más agresivas de sedimentos por erosión son los suelos procedentes del Grupo Daule y Progreso al Oeste y las cenizas volcánicas jóvenes de la Vertiente Occidental de Los Andes.

- Suelos Blandos predominan principalmente en la parte media y baja de la del Río Guayas, al igual que al Este, entre Durán y la Troncal, debido a que son depósitos fluvio-marinos muy recientes. En el estuario al Sur de Guayaquil, los suelos son muy blandos y predominan los manglares y salitrales.
- La Arenas y Gravas, así como los limos, predominan en toda la cuenca alta y media del Río Guayas, en los valles donde corren los afluentes que bajan desde la Cordillera Chongón-Colonche o de los Andes.
- Suelos Expansivos predominan en la zona seca al Suroeste de la Cuenca, Guayas, Manabí y Santa Elena, y eventualmente, en las laderas de los Andes, al Sur de Quevedo.

- Suelos Colapsivos se han encontrado en el Valle de los ríos Pedro Carbo y Colimes.
- Suelos Vulnerables al Deslizamiento se ubican en todas las laderas que limitan la Cuenca del Río Guayas, pero son más frecuentes en la Cordillera Chongón-Colonche, laderas Sur de la Formación Cayo-Guayaquil, Valle de los ríos Chimbo, Chanchan, Bulubulu y Cañar. También se han producido deslizamientos en los barrancos del Río Daule aguas abajo de Daule y en los del Río Quevedo.
- Suelos Licuables se han localizado principalmente en depósitos lacustres de cenizas y arenas volcánicas recientes, de poca resistencia a la penetración estándar, (SPT), en la zona al Norte de Quevedo. Hay muchos depósitos recientes de poco espesor producto de volcanismo reciente, alternados como arenas finas limosas, pero estratificados con arcillas blandas, particularmente en la zona reciente de inundación, como es el caso de Guayaquil, estratificación que a mi juicio mitigan los efectos dinámicos en esos depósitos arenosos.

- Suelos Muy Dispersivos no he podido encontrar en la Cuenca del Guayas, ni los sitios donde fenómenos hidráulicos los hayan afectado.

### **3.1.5 Hidrología [2]**

#### **3.1.5.1 Descripción del estuario río Daule- río Guayas**

El Golfo de Guayaquil es un complejo geomarítimo del litoral ecuatoriano con una longitud de aproximadamente 120 km. El Golfo de Guayaquil se divide en dos estuarios, uno exterior por fuera de la Isla Puná, y un estuario interior que penetra en el litoral ecuatoriano. En este segundo estuario se definen dos sistemas hídricos: el Estero Salado, y el río Guayas.

El Estuario Interior, compuesto por los ríos Guayas, Daule y Babahoyo, en su salida al mar a la altura del Canal de Jambelí tiene la forma de un embudo con un ancho de 25 km y profundidad de casi 30 m. Cerca de Guayaquil, a 125 km de la boca, el ancho se reduce a 1,5 km y la profundidad a 10 m. existe una longitud aproximadamente 54 km desde La Toma hasta Sitio Nuevo.

El río Daule tiene una longitud aproximada de 270 kilómetros, que al unirse con el río Babahoyo en Guayaquil forman el río Guayas. Los afluentes del río Daule nacen en las cordilleras de la Costa en su gran mayoría, ocasionando una variación de caudales muy grande entre las épocas de avenidas y los meses de estiaje. El río es de leve pendiente, del orden del 0,2% al 0,05%, lo que ocasiona que la influencia de la marea se haga sentir hasta aproximadamente 70 Km aguas arriba de Guayaquil, en la estación Daule en la Capilla, y que en la población de Daule se observe inversión de corriente en los meses secos. El escurrimiento en la época de “verano”, (época fría y seca), de julio a diciembre se debe a aportaciones en el curso superior, pues sus tributarios de curso medio e inferior registran generalmente caudales nulos, es decir son estacionales. La mayor parte del escurrimiento anual se produce en la época de lluvias. La sub-cuenca del río Daule, la segunda cuenca principal de la cuenca del río Guayas tiene un área de aproximadamente 12.248 Km<sup>2</sup>.

El eje hidrográfico de la cuenca está constituido por los ríos Pedro Carbo, Colimes, Pucón, Congo, Oro y Peripa como principales, los

cuales confluyen en el Daule al norte de la ciudad, y éste a su vez confluye en el Guayas, siendo el río más grande e importante del litoral occidental sudamericano.

El drenaje deficiente de los suelos y la pérdida progresiva de capacidad de evacuación de los ríos dan lugar a inundaciones que afectan una gran zona, cuya extensión varía entre 300.000 hectáreas, en períodos de recurrencia de uno en mil años, y 80.000 hectáreas en períodos de retorno de uno en veinte años. A su vez, la marea de origen oceánico penetra hasta aproximadamente 80 kilómetros al norte de Guayaquil en el verano y, hasta 40 kilómetros en el invierno.

La capacidad productiva de la cuenca es potencialmente alta. En la actualidad, sin embargo, se estima que sólo un 30% de éstas tienen aceptables niveles de rendimiento.

Hasta fines de la década de los sesenta, cuando no se había iniciado todavía la exportación petrolera ecuatoriana, la producción agro-exportable de la cuenca representaba el mayor porcentaje de las ventas internacionales del país. Hacia 1969, la zona producía el 69% del banano, el 50% del cacao y el 70% del café, dentro de los totales

nacionales correspondientes. Asimismo, la producción de arroz, en su mayoría para consumo interno, equivalía al 90% de la producción total del Ecuador.

### **3.1.5.2 Tributarios principales aguas abajo del río Daule**

Después de la represa, aguas abajo del Daule, se encuentran otros tributarios muy importantes que son de gran aporte al Daule. Siguiendo una secuencia de norte a sur tenemos:

- El río Congo: tiene una longitud de 52.723 Km e intercepta al Daule unos 1.000 m antes de llegar a Balzar. Siguiendo una dirección aguas abajo, uno de sus tributarios es el río Limón que se encuentra en el Empalme. En esta intersección, el Daule comienza a ser meandrito.
- El río Pucón: con una longitud de 49 Km, se une al Daule en las coordenadas 618.451,8 - 9'843.394,4. Es de gran aporte ya que tiene como tributario al Río Puca con una longitud de 44 Km y éste a su vez al río Guineal, con una longitud de 58 Km. En su

recorrido atraviesa el cantón 24 de Mayo y su intercepción está a aproximadamente 3 Km del cantón Olmedo.

- El río Colimes: uno de los más largos tributarios del Daule, con un recorrido de 87 Km., se intercepta con el Daule a la altura del cantón que lleva el mismo nombre. Tiene un recorrido que atraviesa el cantón de Jipijapa y Paján, teniendo aquí sus tributarios que son los ríos Banchal y Hondo.
- El río Pedro Carbo: siguiendo una dirección aguas abajo, con un recorrido de 54 Km, es uno de los últimos afluentes. Este aporta una gran cantidad de sedimentos en la época de invierno ya que las paredes del cauce tienden a erosionar debido a la gran cantidad de arenas que se encuentra en la cercanía del lecho. Este río sólo aporta agua en la época de invierno y es de carácter intermitente. Uno de sus principales tributarios es el río Bachillero. En 1.967, INERHI efectuó un estudio de aprovechamiento de sus recursos, mediante el embalse de sus aguas. Se incluye el cálculo de los caudales medios mensuales. El caudal medio anual para el periodo es de 1,25 m<sup>3</sup>/seg, una cantidad muy



pequeña para ser considerada como solución alternativa de abastecimiento. Otro de sus tributarios son los ríos Procel y Villa, que son ríos muy inestables.

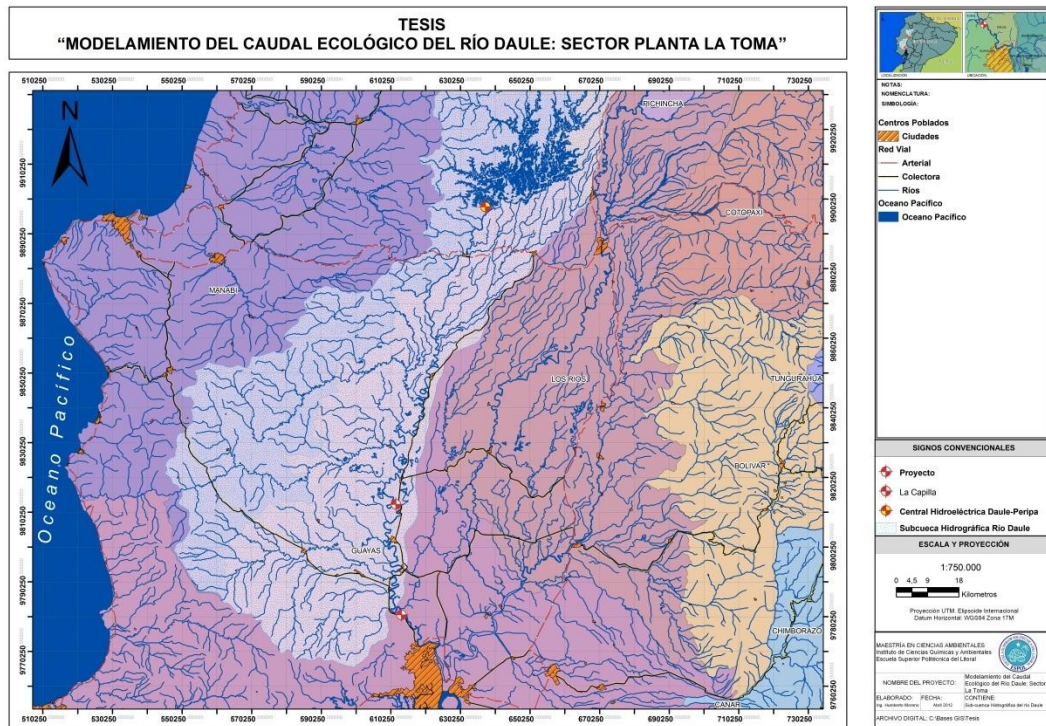


Figura 28. Sub-cuenca Hidrográfica del Río Daule

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2008

Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012

### **3.1.5.3 Caudales**

#### **3.1.5.3.1 Análisis de Caudales del río Daule**

A partir de la estación base, establecida en Daule La Capilla, por disponer de registros extensos, confiables y sin influencia de las mareas, se obtuvieron los caudales medios y extremos para el río Daule A.J. Guayas. Después se estimaron los aportes por tributarios menores, entre la estación base y antes de la unión con el río Babahoyo, para esto se procedió a multiplicar los caudales de la estación base por un porcentaje estimado del 10%.

Para incorporar a los ríos Pula y Banife del Vinces, se estimó que el 40 % del mismo descarga hacia el río Daule. Por último, los caudales requeridos antes de la unión con el Guayas, se obtuvieron adicionando los dos caudales obtenidos: estación base más el 10% más 40% de los caudales del río Vinces, esto, para caudales mínimos como para los máximos.

En la siguiente tabla se presenta un resumen de los caudales extremos determinados, anotándose que desde 1989 los caudales están influenciados por la presa Daule-Peripa y desde julio 1999 están

operados bajo normas de producción de electricidad a través de Consejo

Nacional de Electricidad (CONELEC).

Tabla 3. Caudales Máximos Y Mínimos Del Río Daule

Años	Caudales		Observaciones
	Máximos	Mínimos	
1971	2314	23,75	
1972	2135,9	-	
1973	2266,31	20,96	
1975	2421,82	30,82	
1976	2258,57	25,34	
1977	1999,98	16,12	
1982	1966,34	13,64	
1983	2050,49	-	
1984	2068,85	33,45	
1985	1735,3	16,6	
1986	-	-	
1987	2267,14	29,66	

1988	1392,7	44,39	
1990	1796,57	59,68	Entra en funcionamiento el Proyecto Daule - Peripa
1991	2008,25	-	
1992	2381,77	12,95	Entra en funcionamiento Casa de Máquinas
1993	2088,43	111,66	
1994	1386,49	43,91	
1999	-	153,44	
2000	846,36	-	

Fuente: INAMHI – CEDEGE

Elaboración: Interagua / Envirossoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A.,

Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez Changuán)

Del cuadro anterior se puede apreciar que los caudales extremos del río Daule pueden ser divididos en tres etapas claramente identificadas: antes de la construcción de la presa Daule-Peripa (1964-1988); primera etapa de funcionamiento (1989-1999); y segunda etapa con generación de hidroelectricidad (1999 en adelante). Se nota que en la primera etapa no se realiza una regulación exhaustiva, como muestra la ocurrencia de mínimos extremos durante ese período de prueba; en contraste, desde 1989, la regulación es mucho más rigurosa y los valores obtenidos cambian sustancialmente, con diferencias significativas de los valores naturales.

La siguiente figura presenta una comparación de lo que ocurre entre los caudales medios diarios, dentro en los tres períodos diferentes considerados.

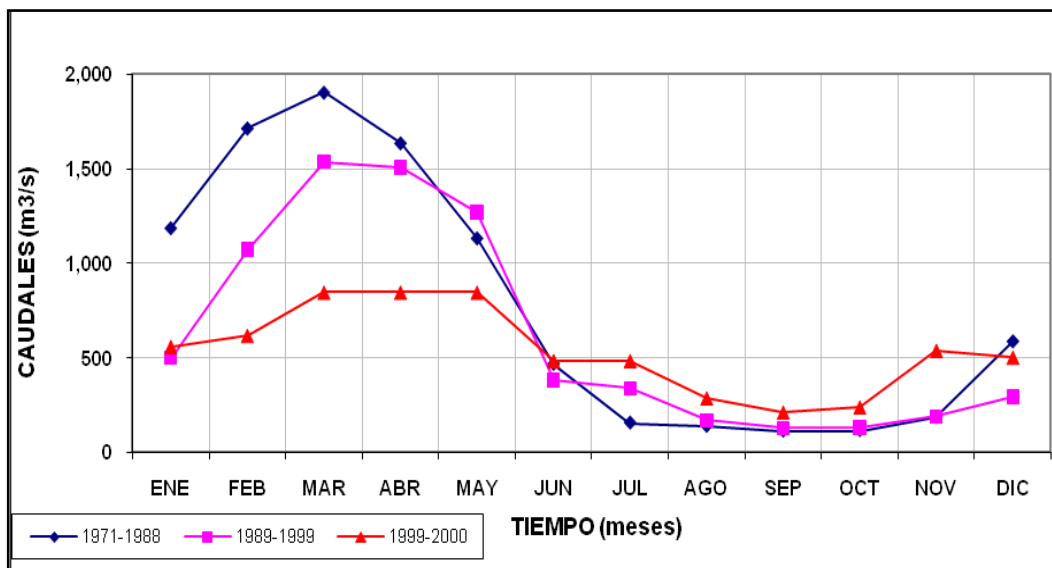


Figura 29. Caudales Condición De Reflujo - Descarga (Caudal Medio) Daule A.J.

Guayas

Fuente: INAMHI - CEDEGE

Elaboración: Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A.,

Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez Changuán)

La diferencia de caudales medios en las tres condiciones de flujo reflejan claramente tres situaciones esperadas en este sistema Fluvial - Estuarino.

En invierno (enero-junio) los caudales máximos son laminados, en mayor proporción en el último período (1999-2000), aunque la laminación se produce desde la entrada en funcionamiento de la presa Daule Peripa

(1989); con respecto a los caudales mínimos, los mayores valores pertenecen al último período, con valores significativamente mayores a los naturales. A continuación se presentan la comparación de las condiciones de flujo para caudales mínimos y máximos diarios. Nuevamente, se nota claramente lo explicado anteriormente, es decir, una laminación fuerte de las crecientes en invierno y un aumento paulatino de los caudales mínimos esperados en verano, por la regulación.

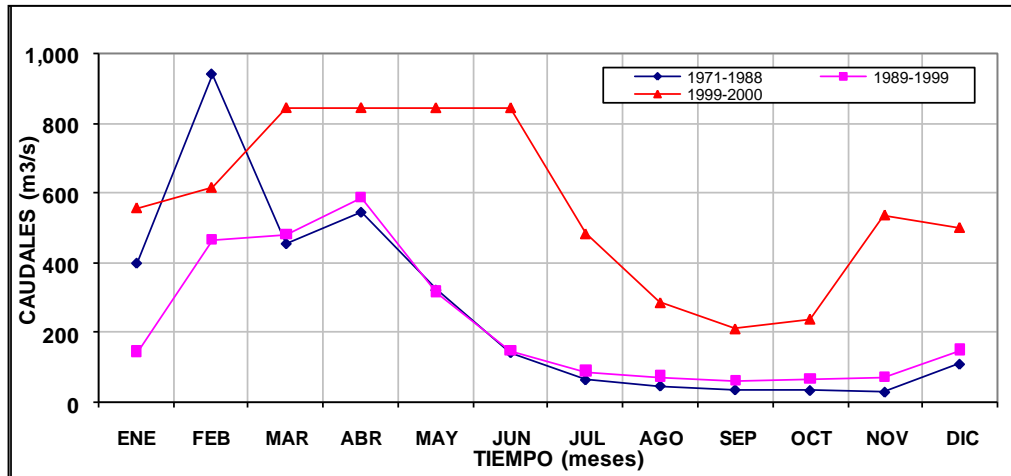


Figura 30. Caudales Mínimos Para Condición De Reflujo - Descarga (Caudal

Mínimo) Daule A.J. Guayas

Fuente: INAMHI – CEDEGE

Elaboración: Interagua / Envirossoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A.,  
 Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez Changuán)



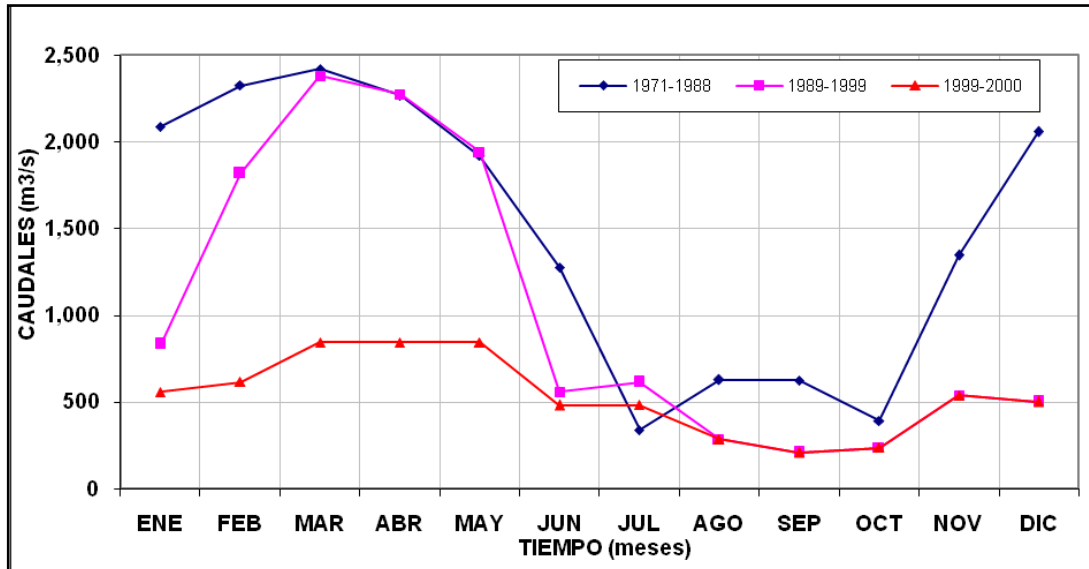


Figura 31. Caudales Máximos Para Condición De Reflujo - Descarga (Caudal

Máximo) Daule A.J. Guayas

Fuente: INAMHI - CEDEGE

Elaboración: Interagua / Envirossoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A.,

Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez Changuán)

De lo analizado anteriormente se puede deducir que la ocurrencia de caudales extremos en el río Guayas ha sido modificada totalmente por la presa Daule-Peripa, esta evidencia se puede apreciar con más claridad en la siguiente figura, que presenta los caudales promedio mensuales para el Sistema Daule-Babahoyo-Guayas en condición de flujo.

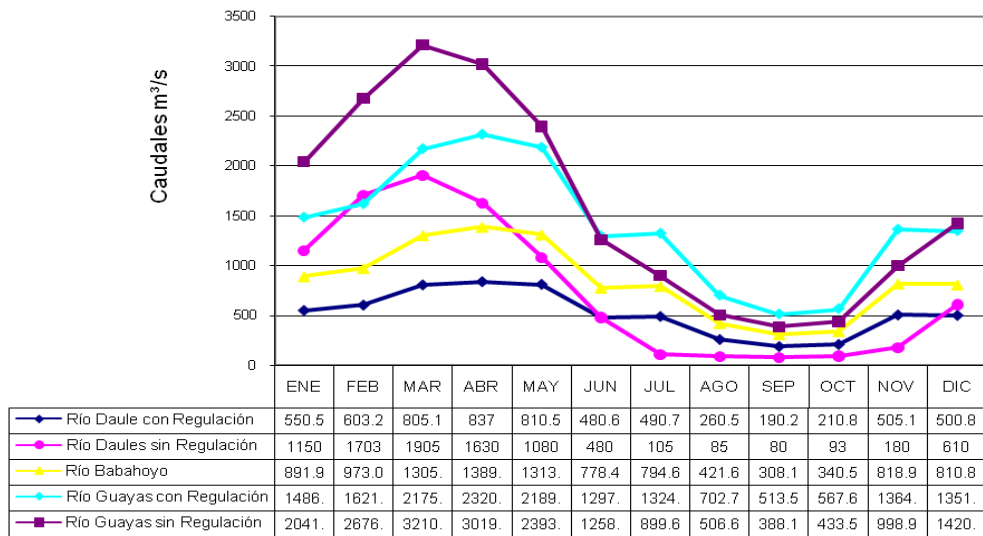


Figura 32. Caudales Máximos Para Condición De Flujo - Descarga (Caudal

Máximo) Daule A.J. Guayas

Fuente: INAMHI – CEDEGE

Elaboración: Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A.,

Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez Changuán)

Para el Daule A.J. Guayas (antes de juntarse con el Guayas) se estudiarán los tres períodos de implementación del proyecto Daule-Peripa: Antes de la Construcción, Periodo de Retención de Aguas y Periodo de Generación Eléctrica. Para los períodos uno y dos, se parte de Daule en La Capilla y se suma la contribución del Vinces, a través del Río Pula y Estero Banife, considerando un porcentaje del 40% del caudal

total del Vinces, para cada uno de las condiciones de flujo: caudales máximos, mínimos y medios. Además, se debe sumar la contribución puntual y tributaria del tramo La Capilla hasta antes de la unión con el Guayas, considerando un porcentaje adicional de un 20% del caudal registrado en La Capilla. Para el tercer escenario se utilizará los caudales turbinados y determinados en La Capilla como valores medios diarios utilizados en la generación de electricidad.

- Análisis y recopilación de información registrada en: Anuarios Hidrológicos (INAMHI -Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), CEDEGE. El objetivo es descartar períodos sin datos, datos con errores (sistemáticos, de medición u otro tipo).
- Para el Río Daule se deben considerar tres períodos de análisis para caudales extremos: antes de la construcción de la presa Daule-Peripa (1964-1988); primer período de funcionamiento (1989-1999); y segundo período de funcionamiento (1999 a la fecha), de acuerdo a las reglas de regulación establecidas por el Consejo Nacional de Electrificación (CONELEC) para la generación de la energía eléctrica.

### 3.1.5.3.2 Análisis de Caudales de Captación de Agua La Toma

En 1950, el alcalde de la ciudad Rafael Guerrero Valenzuela, inauguró la estación “La Toma”, la cual se encuentra ubicada en el Km. 26,5 vía a Daule, en la que se encuentra una estación de bombeo con una capacidad de hasta cuatro bombas de  $11 \text{ m}^3/\text{h}$  cada una, existiendo hasta la actualidad dos que suman  $22 \text{ m}^3/\text{h}$ , el caudal que llega al Daule en La Toma en los meses de septiembre a octubre es de  $96,8 \text{ m}^3/\text{seg}$ , como mínimo. El caudal que regula La Toma es de  $12 \text{ m}^3/\text{seg}$ , estos datos son obtenidos en base a tablas de aforo proporcionados por CEDEGE.



Figura 33. Ubicación de la Estación de Bombeo de la Planta Potabilizadora La Toma

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex–post de la Planta Potabilizadora de Agua La Toma de Intergua 2008

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito 2008

#### 3.1.5.4 Mareas

La fuerza principal de la marea que actúa en el Golfo de Guayaquil corresponde a la componente armónica semidiurna  $m = 12,42$  horas, la cual se debe a la atracción gravitacional de la luna; por tanto, se obtienen dos ciclos de marea cada día lunar, es decir, dos pleamares y

dos bajamares cada 24,8 horas. La onda de marea muestra pequeñas desigualdades diurnas ya que sus amplitudes no son iguales para dos ciclos de mareas consecutivos; se presenta entonces una pleamar más baja y una más alta alternadamente; igual comportamiento ocurre en las bajamares. Sin embargo, estas desigualdades diurnas de las mareas generalmente no exceden el 5% del rango (Murray et al., 1975 CAAM 1996).

La complicada geometría de los canales y la fricción hidráulica con el fondo determinan que la onda de marea sufra una deformación gradual conforme penetra en el estuario; como resultado, existe un incremento del rango de marea hacia el interior del estuario (INOCAR 1995 CAAM 1996). A lo largo de la entrada del Golfo de Guayaquil (meridiano 81°W), las pleamares aparecen al mismo tiempo, es decir en fase, pero experimentan un progresivo retardo a medida que penetran en la parte poco profunda del golfo debido a la fricción lateral y del fondo; cuando finalmente la marea llega a Guayaquil, la pleamar se produce cerca de 4 horas más tarde que en la entrada del golfo. Por su parte, entre la Isla Puná (Punta Mandinga) y Guayaquil, la onda de marea exhibe un

desfase de aproximadamente 2 horas (Stevenson, 1981; INOCAR, 1995, CAAM 1996).

En lo que respecta a la Dinámica de las mareas, Murray 72, determinó los rasgos característicos. Se describe la secuencia de los componentes tidales o de las mareas. Al estar la marea baja, las corrientes son débiles, excepto en el río Guayas. Al subir, la marea induce corrientes fuertes en los canales de Jambelí (1 m/s) y del Morro (0,7 m/s), depositando un delta tidal [4] de flujo en el Estero Salado. La corriente empieza a invertirse en el río Guayas. A marea alta, la circulación casi cesa en el Golfo ( $<0,3$  m/s), pero la onda de flujo, amplificada y atrasada, se vuelve máxima (1 m/s) en el río Guayas. Cuando baja la marea, fuertes corrientes de reflujo barren el canal de Jambelí (1 m/s), mientras que, en el del Morro, corrientes de reflujo (0,5 m/s) edifican el delta tidal. En el río Guayas, la onda de reflujo empieza, y alcanzará su máximo a marea baja. Al Norte de la Isla Puna, la inversión de la circulación entre

---

4 Delta de Marea: Barrera o banco de arena (proceso de sedimentación) formado a la entrada de un sistema marino o estuario por la acción de inversión de las corrientes de marea, generalmente tiene forma triangular (delta)

la marea baja y la marea alta indica que el Estero se rellena y se vacía más lentamente que el canal de Jambelí.

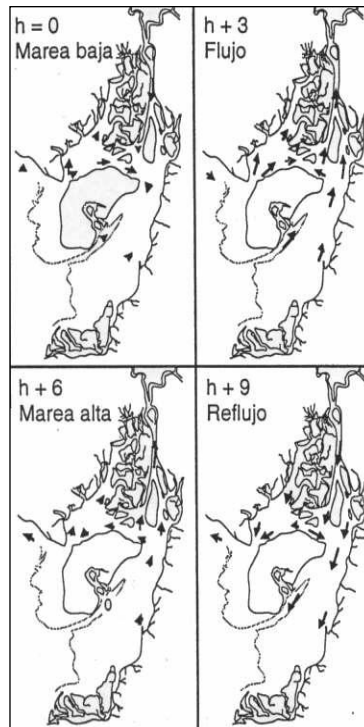


Figura 34. Dinámica De Las Mareas

Fuente: MURRAY 1972

La marea fue medida por Envirosoft (2003), en el Estuario Daule/Guayas, los datos que se presentan son de tres mareógrafos en tres puntos del estuario La Toma, La Aurora y el Malecón de Guayaquil. La siguiente figura presenta los datos de mareas obtenidos en ese estudio.



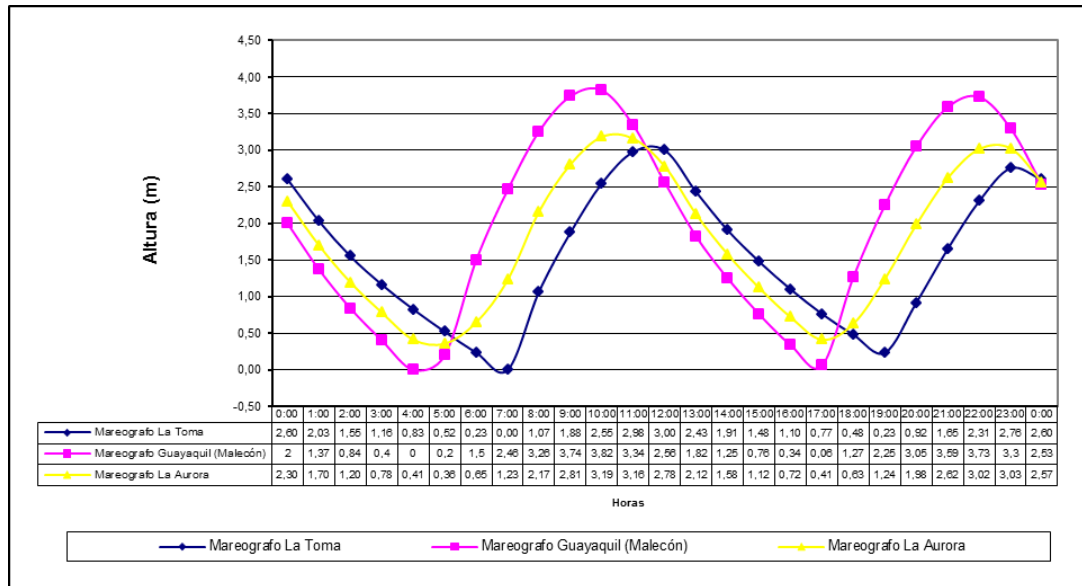


Figura 35. Mareas del estuario Daule/Guayas

Fuente y Elaboración: Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec

S. A., Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez

Changuán)

La onda sufre una deformación gradual conforme ingresa al estuario. La pleamar por efectos de la marea en La Toma, se produce 01:45 horas más tarde que la pleamar registrada en Guayaquil; en cuanto a la amplitud, la fricción hidráulica de fondo degrada la Energía Potencial a la altura de La Toma, que presenta una amplitud de marea 0,9 m menos

que en Guayaquil. En lo que tiene que ver con los niveles de marea, se tiene las siguientes características:

Tabla 4. Niveles de marea

Oscilación de Marea	4,3 m
Marea astronómica más alta (HAT)	12,637 m
Media de la pleamar con marea viva (MHWS)	12,497 m
Media del nivel del mar (MSL)	10,5238 m
Media de la bajamar con marea viva (MLWS)	8,5 m
Marea astronómica más baja (LAT)	8,20 m

Fuente: INOCAR

### 3.1.5.5 Perfil Batimétrico (Secciones Transversales)

Para el presente proyecto se establecieron 4 secciones transversales, considerando una distancia similar entre cada tramo, y tratando de abarcar zonas o características del meso-hábitat de rápidos y pozas.

La medición del perfil batimétrico se la realizó mediante la ayuda de una embarcación, donde se realizaron mediciones en intervalos de aproximadamente 15m considerando que cada tramo debe representar entre el 5 al 10% del hábitat total de la sección transversal del río.

Para la medición, primeramente se instaló una línea señalizada a través del ancho del río, donde posteriormente mediante con otra soga y un peso muerto se procedió a tomar las mediciones de la profundidad de cada tramo, y se tomaron las coordenadas UTM WGS84 de cada punto mediante un GPS de alta sensibilidad. Posteriormente con la información recabada se procedió a elaborar el perfil batimétrico de cada estación en Autocad. Los sitios escogidos para determinar las secciones transversales fueron los siguientes:

- ST0: Descarga de Efluentes Planta La Toma de Interagua  
(junto a empresa UNILEVER)
- ST1150: Sector Dos Reberas
- ST2330: Frente a estación de bombeo de agua de la Planta La Toma

- ST3180: Aguas Arriba del sitio de captación de agua de la Planta La Toma

Es importante recalcar que la medición del perfil transversal se realizó durante en el mes de Agosto del 2012, durante la fase de Cuadratura y en marea baja; obteniéndose una medición bastante acertada sin la influencia de la velocidad del río.

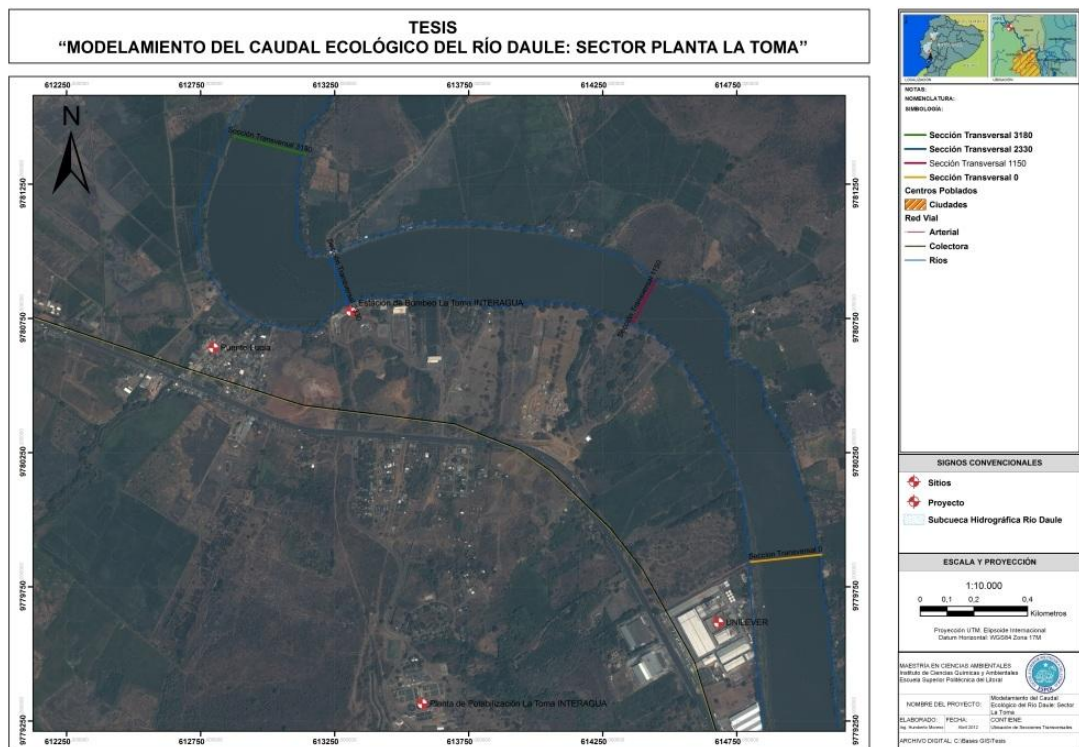


Figura 36. Ubicación de las Secciones Transversales

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Agosto 2012



Materiales y Equipos de Medición



Ubicación y Establecimiento de Línea Señalizada





Medición de Profundidad	Toma de Datos de Campo
	
Medición de Profundidad	

Figura 37. Levantamiento de las Secciones Transversales

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, 2012

### 3.1.5.5.1 ST0 – Sector Unilever Andina (Descarga de Efluentes Planta La Toma de Interagua)

La sección transversal 0 del Sector de Unilever Andina tiene una longitud aproximada de 260,90m, siendo la longitud del perímetro mojado de 231m; el área de la sección transversal de cerca de 1170,41 m<sup>2</sup>, con una profundidad máxima de aproximadamente de 9,67m. (Ver Anexo 4)

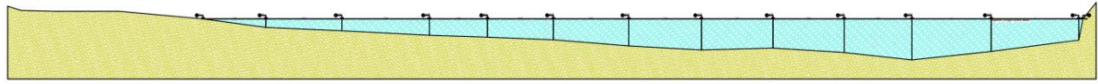


Figura 38. Sección Transversal 0

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 3.1.5.5.2 ST1150 – Sector Dos Reberas

La sección transversal 1150 del Sector de Dos Reberas tiene una longitud aproximada de 181,51m, siendo la longitud del perímetro mojado de 174,32m; el área de la sección transversal de cerca de 1048,95 m<sup>2</sup>, con una profundidad máxima de aproximadamente de 9,30m. (Ver Anexo 4)

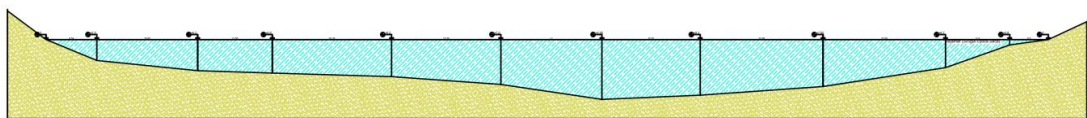


Figura 39. Sección Transversal Estación 1150

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 3.1.5.5.3 ST2330 - Estación de bombeo de agua de la Planta La Toma

La sección transversal 2330 del Sector de Planta de Bombeo La Toma tiene una longitud aproximada de 192,96m, siendo la longitud del

perímetro mojado de 183,06m; el área de la sección transversal de cerca de 1082,85 m<sup>2</sup>, con una profundidad máxima de aproximadamente de 12,70m. (Ver Anexo 4)

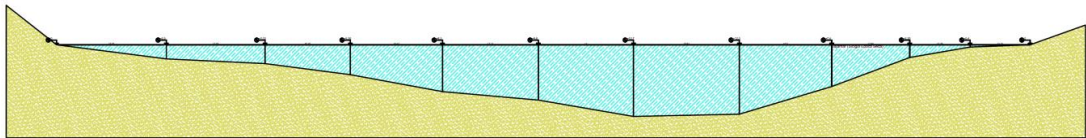


Figura 40. Sección Transversal Estación 2330

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 3.1.5.5.4 ST3180 - Aguas Arriba del sitio de captación de agua de la Planta La Toma

La sección transversal 3180 del Sector Aguas Arriba de Planta de Bombeo La Toma tiene una longitud aproximada de 270,37m, siendo la longitud del perímetro mojado de 268,37m; el área de la sección transversal de cerca de 1193,81 m<sup>2</sup>, con una profundidad máxima de aproximadamente de 5,80m. (Ver Anexo 4)



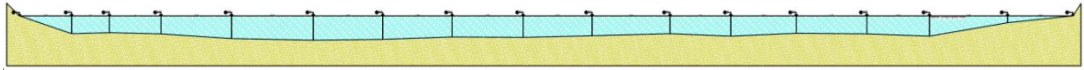


Figura 41. Sección Transversal Estación 3180

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, 2012

### 3.1.5.6 Corrientes

Para establecer las velocidades de las corrientes superficiales, tanto de flujo como refluo del sitio de La Toma, se tomó en consideración las mediciones realizadas en el año 2003 y 2008, por el Grupo Envirossoft y Ecosambito C. Ltda., respectivamente.

Para el estudio de corrientes elaborado por el Grupo Envirossoft en el sector de La Toma en Julio y Diciembre del 2003, se utilizó el método de Euler, que es un método de medición directa, el cual consiste en monitorear el flujo en un punto fijo, en superficie y fondo, por un periodo de 24 horas. Con el propósito de conocer la distribución vertical de las corrientes, se realizaron mediciones de perfiles de corrientes durante los estados de marea de flujo y refluo (llenante y vaciante). Se utilizó un correntómetro perfilador acústico Doppler ADCP autocontenido, marca Argonauta XR, el cual proporcionó información en la columna de agua,

durante diez horas continuas. En el análisis del presente informe se ha considerado lo siguiente: para profundidades menores a 3 m hay una capa homogénea “Superficial”, y cuando el equipo está en el fondo se referirá como “Fondo”. Para el control de las mareas, como ya se mencionó se ocuparon 3 estaciones con mareógrafos con data logger (autocontenidos).

Durante las mediciones de flujo de julio del 2003, a nivel superficial se advierten velocidades promedios de 0,22 m/s y en el nivel de fondo un valor promedio que llega a 1,17 m/s. Las magnitudes observadas durante el reflujó alcanzan velocidades promedio de 0,035 m/s en el nivel superficial y 0,028 m/s en el fondo.

Tabla 5. Mediciones de Corrientes (Julio 2003)

Estación	Fecha	Corriente	Velocidad	Velocidad		Nivel
			Promedio (m/s)	Máxima (m/s)	Dirección (Grados)	
La Toma	Julio 2003	Flujo	0.03	0.22	280	Superficie
		Reflujó	0,035	0,25	102	Superficie

		Flujo	0.025	1.17	250	Fondo
		Reflujo	0,028	0,022	70	Fondo

Fuente y Elaboración: Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec

S. A., Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez

Changuán)

En las mediciones de Diciembre del 2003 durante el Flujo, se observa que los vectores de velocidad superficial en la deriva de las veletas es de 0,28 m/s, y 0,32 m/s durante el reflujo en el sector de La Toma.

Tabla 6. Mediciones de Corrientes (Diciembre 2003)

Estación	Fecha	Corriente	Velocidad		Nivel
			Promedio (m/s)	Dirección (Grados)	
La Toma	Diciembre 2003	Flujo	0,28	280	Superficie
		Reflujo	0,32	102	Superficie

Fuente y Elaboración: Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec

S. A., Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez

Changuán)

Las mediciones realizadas en el mes de agosto del 2008 por la Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda., se tomaron en las riberas del río Daule frente a las estaciones de bombeo de INTERAGUA tanto para las corrientes de flujo y reflujos. Para ello se utilizó el método Langraniano, o también llamado Veleteo, que consiste en depositar o sembrar una veleta en una determinada posición inicial la cual se registra con GPS, y en un tiempo determinado se la retira o cosecha, registrando la posición inicial, el recorrido y el tiempo. La velocidad se la calcula en función del espacio recorrido y tiempo. Durante el flujo se observa velocidades promedio de hasta 0,14 m/s. y durante el Reflujo se observa en forma general velocidades promedio de hasta 0,16 m/s. En la tabla siguiente se presentan los resultados de las mediciones de las corrientes:

Tabla 7. Mediciones de Corrientes (Agosto 2008)

Estación	Fecha	Estación	Corriente	Velocidad	
				Promedio (m/s)	Nivel
La Toma	Agosto 2008	E3C	Reflujo	0,17	Superficie
		E5C	Reflujo	0,15	Superficie
		E1C	Flujo	0,16	Superficie
		E2C	Flujo	0,13	Superficie

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex-post de la Planta Potabilizadora de Agua

#### La Toma de Intergua

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda. 2008

Para las mediciones de corrientes superficiales del río Daule durante el flujo en el Sector de La Toma (Febrero del 2012), se procedió a usar el método Langraniano, donde se procedió depositar o sembrar una botella pintada en una determina posición inicial la cual se registra con GPS, y en un tiempo determinado se la retira o cosecha, registrando la posición final, el recorrido y el tiempo mediante en un cronómetro. La velocidad se

la calcula en función del espacio recorrido y tiempo. Se establecieron entre 3 a 4 sitios de medición a lo ancho de cada sección transversal del río, tomando en consideración los sitios de estudio:

- ST0: Descarga de Efluentes Planta La Toma de Interagua (junto a empresa UNILEVER)
- ST2330: Frente a estación de bombeo de agua de la Planta La Toma
- ST3180: Aguas Arriba del sitio de captación de agua de la Planta La Toma

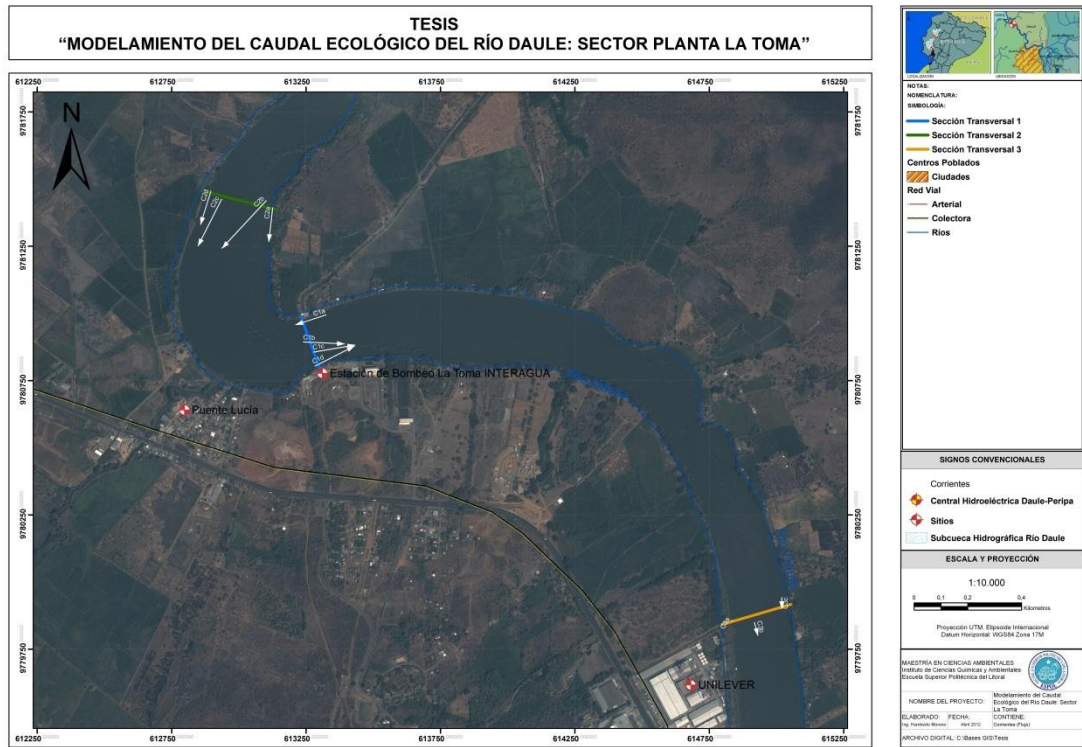


Figura 42. Corrientes (Febrero del 2012)

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012

En la siguiente tabla se muestran los resultados de las mediciones realizadas en las tres secciones transversales escogidas. Se puede apreciar que las velocidades superficiales varían en función del perfil batimétrico de la sección, además de forma del río; en este caso la velocidad superficial promedio del Río Daule es de 0,90 m/s durante la época de lluvia; siendo las velocidades promedio por sección las siguientes:

Tabla 8. Cuadro Resumen Mediciones Corriente (Febrero 2012)

Sección	Velocidad
Transversal	Superficial
ST0	0,43
ST2330	1,19
ST3180	1,08

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012



Tabla 9. Resultados Mediciones Corriente (Febrero 2012)

Sitio	Coordenadas UTM WGS84 Z17M				Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
	Siembra		Cosecha				
	X metros E	Y metros N	X metros E	Y metros N			
Frente a	613326	9780995	613211	9780957	120	115,8	1,07
Captación de	613239	9780894	613394	9780886	154,91	182,65	0,85
Agua (La	613278	9780856	613433	9780883	155,69	83,4	1,87
Toma)	613283	9780804	613431	9780878	165,69	166,75	0,99
Aguas Arriba	613126	9781395	613112	9781265	131,59	143,64	0,92

La Toma	613103	9181421	612937	9781242	244,77	157,95	1,55
	612937	9781426	612848	9781250	197,83	176,63	1,12
	612897	9781456	612858	9781330	128,74	178,62	0,72
Descarga de	614836	9779857	614833	9779853	4,91	83,59	0,06
Interagua	614918	9779850	614932	9779799	52,84	68,4	0,77
(Unilever)	615020	9779943	615020	9779900	43,05	92,5	0,47

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012



Materiales y Equipos de Medición



Siembra y Cosecha de la Botella



Botella para Medición	Toma de Datos de Campo
-----------------------	------------------------

Figura 43. Fotografías de Medición de Velocidades de Corrientes (Febrero 2012)

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012

Posteriormente, y dado que el número de mediciones de corrientes de la campaña de monitoreo de Febrero del 2012 fue insuficiente por el para el uso adecuado del Modelo PHABSIM (Detallado en el Capítulo 4), en el mes de Agosto del 2012 se procedió a realizar una nueva medición de las velocidades de las corrientes del río Daule en 4 secciones transversales:

- ST0: Descarga de Efluentes Planta La Toma de Interagua  
(junto a empresa UNILEVER)
- ST1150: Sector Dos Reberas
- ST2330: Frente a estación de bombeo de agua de la Planta La Toma
- ST3180: Aguas Arriba del sitio de captación de agua de la Planta La Toma

En cada sección transversal las mediciones se realizaron aproximadamente cada 15m de separación en una embarcación, considerando que la metodología IFIM recomienda que cada uno de los tramos debe representar entre el 5-10% de toda el hábitat total de la sección. El periodo de observación con el equipo de medición de flujo fue de aproximadamente 20 segundos, donde se tomaron mediciones tanto de la velocidad promedio superficial, a 50cm y 100cm de profundidad; así como la posición geográfica mediante un GPS de alta sensibilidad.

Las características del equipo de medición de flujo **FP111 Global Flow**

**Probe** son las siguientes:

- Rango: 0.3-19.9 FPS (0,1-6,1 MPS)
- Precisión: 0.1 FPS
- Promedio: Media digitales en funcionamiento. Actualiza una vez por segundo.
- Pantalla: LCD, Deslumbramiento con protección UV
- Datalogger: 30 conjuntos de datos, MIN, MAX, y AVG
- Características: Temporizador, aviso de batería baja

- Tipo de sensor: Protegido Turbo-Prop de la hélice con sensor magnético.
- Peso: Instrumento: 2 lbs. (0,9 kg)
- Materiales: la sonda: PVC y aluminio anodizado, computadora carcasa de policarbonato con
- recubrimiento de poliéster.
- Alimentación: batería interna de litio, la vida aproximada de 5 años,
- Temperatura de funcionamiento:  $-4^{\circ}$  a  $158^{\circ}$  F ( $-20^{\circ}$  a  $70^{\circ}$  C)
- Temperatura de almacenamiento:  $-22^{\circ}$  a  $176^{\circ}$  F ( $-30^{\circ}$  a  $80^{\circ}$  C)
- La pantalla digital pies/seg o m/seg
- Registros de 30 conjuntos de datos para su posterior análisis
- Computadora digital a prueba de lluvia
- De alta precisión de fácil control de flujo
- Ligero, resistente y fiable
- Estuche acolchado para un fácil almacenamiento
- Certificado CE

- Ideal para la medición de flujos en arroyos, ríos, canales, aguas pluviales, aguas residuales y aguas de procesos industriales
- El equipo tiene una carcasa resistente al agua e incorpora una única operación de cuatro botones para el cambio de funciones y restablecer la pantalla. La computadora es alimentado por una batería que dura aproximadamente cinco años con un uso normal.



Figura 44. Sensor FP111 Global Flow Probe

Fuente: Global Water

Como se resultado de las mediciones realizadas se obtuvo una velocidad promedio del río Daule **0,59m/s**; siendo las velocidades por sección transversal las siguientes:

Tabla 10. Cuadro Resumen Mediciones Corriente (Agosto 2012)

Sección Transversal	Velocidad Superficial (m/s)	Velocidad 0,50m (m/s)	Velocidad 1m (m/s)	Velocidad Promedio (m/s)
ST0	0,75	0,74	0,70	<b>0,73</b>
ST1150	0,64	0,68	0,67	<b>0,66</b>
ST2330	0,64	0,68	0,67	<b>0,66</b>
ST3180	0,46	0,55	0,56	<b>0,52</b>

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Agosto 2012

Los resultados de manera detallada se exponen a continuación:



Tabla 11. Resultados de Mediciones Corriente (Agosto 2012)

Sección	Coordenada	Coordenada	Velocidad	Velocidad	Velocidad	Velocidad
Transversal	X	Y	Superficial	50cm	100cm	Promedio
ST0	615059	9779869	0,6	0,6	0,5	<b>0,57</b>
	615038	9779869	0,5	0,5	0,5	<b>0,50</b>
	615019	9779868	0,5	0,6	0,5	<b>0,53</b>
	615003	9779865	0,9	1	0,9	<b>0,93</b>
	614986	9779864	0,7	0,9	0,8	<b>0,80</b>
	614969	9779862	0,9	0,9	0,7	<b>0,83</b>
	614952	9779858	0,9	0,8	0,9	<b>0,87</b>

Sección	Coordenada	Coordenada	Velocidad	Velocidad	Velocidad	Velocidad
Transversal	X	Y	Superficial	50cm	100cm	Promedio
	614934	9779859	0,9	0,8	0,8	<b>0,83</b>
	614919	9779854	0,9	0,8	0,8	<b>0,83</b>
	614906	9779849	0,8	0,8	0,8	<b>0,80</b>
	614885	9779849	0,8	0,7	0,7	<b>0,73</b>
	614867	9779846	0,6	0,5	0,5	<b>0,53</b>
	614852	9779846	0	0	0	<b>0,00</b>
	614830	9779848	0	0	0	<b>0,00</b>
ST1150	614440	9780882	0,5	0,1	0,1	<b>0,23</b>

Sección	Coordenada	Coordenada	Velocidad	Velocidad	Velocidad	Velocidad
Transversal	X	Y	Superficial	50cm	100cm	Promedio
	614434	9780873	0,5	0,4	0,3	<b>0,40</b>
	614426	9780854	0,5	0,9	0,9	<b>0,77</b>
	614418	9780835	0,5	0,8	0,7	<b>0,67</b>
	614411	9780820	0,8	0,9	0,8	<b>0,83</b>
	614404	9780805	1	0,8	0,7	<b>0,83</b>
	614395	9780789	0,9	1	1	<b>0,97</b>
	614386	9780771	0,6	0,8	1	<b>0,80</b>
	614380	9780760	0,6	0,6	0,8	<b>0,67</b>

Sección	Coordenada	Coordenada	Velocidad	Velocidad	Velocidad	Velocidad
Transversal	X	Y	Superficial	50cm	100cm	Promedio
	614372	9780745	0,5	0,5	0,4	<b>0,47</b>
ST2330	613238	9780968	0	0	0,1	<b>0,03</b>
	613242	9780958	0,1	0,1	0,1	<b>0,10</b>
	613246	9780948	0,1	0,1	0,2	<b>0,13</b>
	613251	9780935	0,1	0,1	0,1	<b>0,10</b>
	613255	9780919	0,1	0,2	0,4	<b>0,23</b>
	613261	9780901	0,2	0,4	0,4	<b>0,33</b>
	613269	9780886	0,5	0,5	0,6	<b>0,53</b>

Sección	Coordenada	Coordenada	Velocidad	Velocidad	Velocidad	Velocidad
Transversal	X	Y	Superficial	50cm	100cm	Promedio
	613275	9780870	0,5	0,6	0,8	<b>0,63</b>
	613279	9780854	1	1	1,1	<b>1,03</b>
	613285	9780840	0,9	0,8	0,9	<b>0,87</b>
	613290	9780823	0,5	0,6	0,6	<b>0,57</b>
	613295	9780804	0,2	0,2	0	<b>0,13</b>
ST3180	613117	9781370	0,1	0,1	-	<b>0,10</b>
	613098	9781375	0,5	0,6	0,5	<b>0,53</b>
	613083	9781380	0,4	0,4	0,6	<b>0,47</b>

Sección	Coordenada	Coordenada	Velocidad	Velocidad	Velocidad	Velocidad
Transversal	X	Y	Superficial	50cm	100cm	Promedio
	613066	9781385	0,6	0,6	0,7	<b>0,63</b>
	613050	9781389	0,5	0,5	0,5	<b>0,50</b>
	613035	9781392	0,5	0,7	0,6	<b>0,60</b>
	613016	9781397	0,4	0,6	0,6	<b>0,53</b>
	612990	9781399	0,6	0,8	0,7	<b>0,70</b>
	612981	9781401	0,6	0,8	0,8	<b>0,73</b>
	612964	9781405	0,3	0,6	0,7	<b>0,53</b>
	612947	9781409	0,5	0,4	0,3	<b>0,40</b>

Sección	Coordenada	Coordenada	Velocidad	Velocidad	Velocidad	Velocidad
Transversal	X	Y	Superficial	50cm	100cm	Promedio
	612927	9781414	0,3	0,4	0,4	<b>0,37</b>
	612910	9781419	0,3	0,6	0,6	<b>0,50</b>
	612898	9781424	0,3	0,2	0,4	<b>0,30</b>
	612889	9781427	0,6	0,6	0,7	<b>0,63</b>
	612876	9781429	0,5	0,4	0,3	<b>0,40</b>

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Agosto 2012

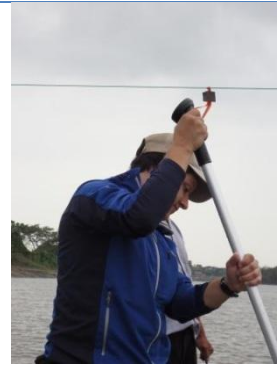


Sección Transversal



Señalización de Tramos de Sección

Transversal



Establecimiento de Equipo de Medición

en sitio determinado



Medición de Velocidad Superficial del

Agua



Medición de Velocidad de Fondo del

Agua



Figura 45. Fotografías de Medición de Velocidades de Corrientes (Agosto 2012)

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Agosto 2012

### 3.1.6 Calidad de Agua

El estudio realizado el 9 de junio del 2003 por el Grupo Envirosoft, muestra mediciones de calidad de agua realizadas en el sector de La Toma, las coordenadas de ubicación son las siguientes:

Tabla 12. Sitios Monitoreo Calidad de Agua (Junio 2003)

Código	Estación	Posición	
		E	N
ED01	La Toma	613,474	9'780,888
ED02	El Cambio1	614,714	9'780,488
ED03	Unilever	614,984	9'779,350

Fuente y Elaboración: Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec

S. A., Junio- Julio 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez

Changuán)

Los resultados de las mediciones se muestran a continuación:

Tabla 13. Resultados Mediciones Calidad de Agua (Junio 2003)

Código	Profundidad	MEDIDAS IN SITU						LABORATORIO				
		O.D.	O.D.	PH	SALIN.	CONDUC.	TEMPERA	DBO5	COLIF.	FECALES	COLIF.	TOTALES
		mg/l	%		ppt	us	°C	mg/l		NMP/100ml		NMP/100ml
ED01	8,5	6.99	94.5	8	0,1	168,1	27,3	0,87		5,00E+02		2,40E+03
ED02	14,0	6.42	82	7.79	0.1	161,8	27,3	0,95		1,10E+03		3,00E+03
ED03	11,9	6,8	86,8	7,67	0,1	153,9	27,3	1,05		8,00E+02		9,00E+03

Fuente y Elaboración: Interagua / Envirossoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A., Junio- Julio 2003 (Información proporcionada

por el Ing. Pablo Suarez Changuán)

Adicionalmente se tomó en referencia como línea base los resultados del análisis físico-químico de calidad de agua realizado en el Estudio de Impacto Ambiental Ex-post de la Planta Potabilizadora de Agua de La Toma elaborado en el Agosto del año 2008 por la Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda.

El objetivo de la toma de muestras de aguas, fue obtener una porción relativa de material cuyo volumen fuera suficiente para ser transportado con facilidad y manipulado en el “Laboratorios CORPLAB” para determinar la calidad de todos los componentes establecidos en la legislación ambiental vigente y, además, fuera simultáneamente representativo del cuerpo de agua de donde procedió, en ese caso el río Daule. La obtención de las muestras cumplió con los requisitos de procedimientos, lo que implicó la no deterioración o contaminación de dicha muestra antes de llegar al laboratorio; por ello antes de llenar el envase con la muestra se lavó tres veces con el agua que obtuvo del río. Es importante indicar que se tomaron precauciones especiales para la conservación de las muestras, para el análisis de las trazas metálicas y de compuestos orgánicos

Mediante la utilización de una botella muestreadora Niskin, se tomaron 3 muestras en flujo y 3 en refluo. En cada estación de muestreo se obtuvo una muestra compuesta (superficie y fondo), lo que generó un total de 6 muestras; las estaciones de muestreo identificadas como ECA1, ECA2 Y ECA3, se localizan, la primera (ECA1) frente a la bocatoma de captación de agua cruda para su procesamiento en La Toma. La segunda (ECA2), a 200m, aproximadamente, aguas arriba del ducto de salida de efluentes de La Toma en el río Daule y, la tercera (ECA3), a 200 m aguas abajo del referido ducto.

Tabla 14. Coordenadas de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Agosto 2008)

Coordenadas UTM WGS84 Z17M		
Estaciones	X metros E	Y metros N
	ECA1	613484.56
ECA2	615114.96	9780207.26
ECA3	615145.04	9780127.15

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex–post de la Planta Potabilizadora de Agua

La Toma de Intergua 2008

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda.



Figura 46. Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Agosto 2008)

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex–post de la Planta Potabilizadora de Agua

La Toma de Intergua, 2008

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda.

Tabla 15. Resultados Monitoreo de Calidad de Agua (Agosto 2008)

Parámetro	Unidad	Estación 1		Estación 2		Estación 3		*Límite
		(ECA1)		(ECA2)		(ECA3)		Máximo
		Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Permisible
Temperatura	°C	26	27	27	28,5	27,5	28,5	32
pH	upH	7,74	7,78	7,88	7,78	7,15	7,84	6-9
Salinidad	UPS	2,2	2,7	2,4	2,8	2,5	2,3	-
Dureza Total	mg/l	57	51,30	56,05	56,05	61,75	50,35	500
Oxígeno Disuelto	mg/l	8,9	9,3	9,2	10,10	9,4	9,6	6
DBO5	mg/l	14	9	12	7,9	10	23	2

Parámetro	Unidad	Estación 1		Estación 2		Estación 3		*Límite Máximo Permisible
		(ECA1)		(ECA2)		(ECA3)		
		Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	108	114	18	124	116	118	1000
TPH	mg/l	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,5
Coliformes Fecales	NMP/100ml	470	200	148	690	146	400	600
Coliformes Totales	NMP/100ml	11200	20800	15000	33600	25900	22200	3000

Parámetro	Unidad	Estación 1		Estación 2		Estación 3		*Límite Máximo Permisible
		(ECA1)		(ECA2)		(ECA3)		
		Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	
Pesticidas Oorganofosforados	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	100
Pesticidas Oorganoclorados	µg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	10
Carbamatos Totales	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	100
Tensoactivos	mg/l	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,5



Parámetro	Unidad	Estación 1		Estación 2		Estación 3		*Límite Máximo Permisible
		(ECA1)		(ECA2)		(ECA3)		
		Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	
Amoniaco	mg/l	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02
Cloruros	mg/l	7,74	7,74	7,31	7,74	8,6	8,17	250
Aluminio	mg/l	0,24	0,27	0,24	0,23	0,17	0,21	0,2
Arsénico	mg/l	0,0041	0,0029	0,0035	0,0043	0,0068	0,0029	0,05
Bario	mg/l	0,41	0,18	0,41	0,50	0,26	0,026	1
Cadmio	mg/l	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01
Cromo VI	mg/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05

Parámetro	Unidad	Estación 1		Estación 2		Estación 3		*Límite Máximo Permisible
		(ECA1)		(ECA2)		(ECA3)		
		Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	Reflujo	Flujo	
Mercurio	mg/l	<0,0001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001
Plomo	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05
Zinc	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	5

Tabla 3 “Criterios de Calidad admisible para preservación de la flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, Anexo 1, Libro VI, TULSMA.

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex-post de la Planta Potabilizadora de Agua La Toma de Intergua 2008

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda.

Para el presente proyecto se realizó un nuevo monitoreo de la calidad de agua el día 13 de febrero del 2012 con el laboratorio Grupo Químico Marcos (GQM), donde se tomaron 3 puntos monitoreo localizados frente a la estación de captación de agua La Toma de Interagua (CA1), aguas arriba de la estación de bombeo (CA2), y en el sitio de descarga de la planta de potabilización La Toma de Interagua, localizada junto a la empresa Unilever Andina (CA3); como se muestra a continuación:

Tabla 16. Coordenadas de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Febrero 2012)

Sitio	Estación	Sección Transversal	Ensayo GQM	Coordenadas UTM	
				WGS84 Z17M	
				X metros E	Y metros N
Frente A Captación de Agua (La Toma)	CA1	ST2330	15917-2	613299	9780909
Aguas Arriba La	CA2	ST3180	15917-3	613006	9781414

Sitio	Estación	Sección Transversal	Ensayo GQM	Coordenadas UTM	
				WGS84 Z17M	
				X metros E	Y metros N
Toma					
Descarga de Interagua (Unilever)	CA3	ST0	15917-1	614940	9779857

Fuente: Grupo Químico Marcos, Febrero 2012

Elaboración: Humberto Moreno

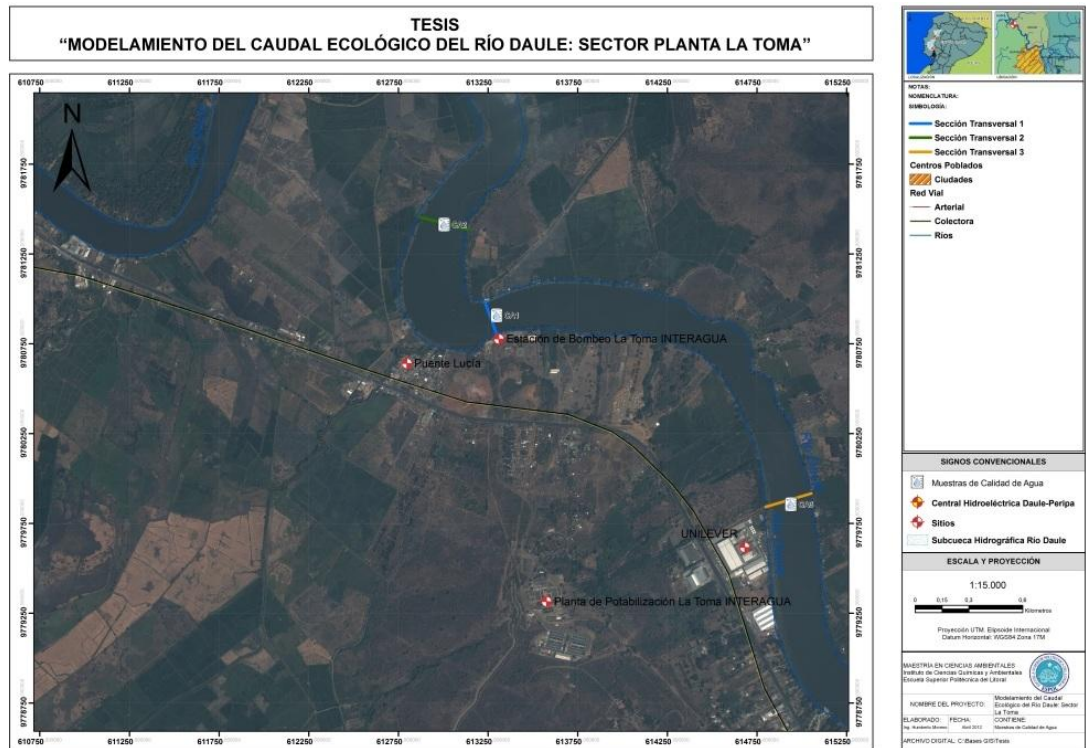


Figura 47. Ubicación de Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua (Febrero 2012)

Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM), 2008

Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012

Con el fin de obtener muestras adecuadas de los diferentes sustratos en los cuales se realizan los análisis respectivos, se preparó, en los laboratorios del Grupo Químico Marcos (Acreditado por el OAE, bajo la Norma 17025), todos los instrumentos y envases en debida forma y siguiendo los lineamientos de control de calidad para la obtención de muestras representativas. A bordo de una embarcación, y mediante la aplicación de

metodología e instrumentos de muestreo del laboratorio del Grupo Químico Marcos (G.Q.M.), las muestras de agua se obtuvieron en las estaciones preestablecidas. Las muestras se tomaron durante el flujo, a un metro del fondo, en medio y a un metro de la superficie de la columna de agua mediante una botella muestreadora Niskin.



Muestreo de la columna de agua con Botella NISKIN



Figura 48. Monitoreo de Calidad de Agua (Columna de Agua) Fuente y Elaboración:

Humberto Moreno, Febrero 2012

Tabla 17. Resultados Monitoreo de Calidad de Agua (Febrero 2012)

Parámetro	Unidad	Estación	Estación	Estación	*Límite
		1 (ECA1)	2 (ECA2)	3 (ECA3)	Máximo
		Flujo	Flujo	Flujo	Permisible
pH	upH	7,47	7,55	7,44	6-9
Temperatura	°C	26,80	27,40	26,80	32
Oxígeno Disuelto	mg/l	3,23	3,40	3,05	6

Conductividad	us/cm	140,3	148,3	144,4	-
Aluminio	mg/l	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,2
Cadmio	mg/l	< 0,004	< 0,004	< 0,004	0,01
Cadmio	mg/l	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,01
Cromo Total	mg/l	< 0,007	< 0,007	< 0,007	0,05
Coliformes Fecales	NMP/100ml	29	34	46	600

Tabla 3 “Criterios de Calidad admisible para preservación de la flora y fauna en

aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario”, Anexo 1, Libro VI,

TULSMA.

Fuente: Grupo Químico Marcos, Febrero 2012

Elaboración: Humberto Moreno

Realizando una comparación entre el monitoreo de agosto del 2008 y el presente monitoreo, podemos observar que hay una reducción de las concentraciones de los metales pesados: Aluminio, Cadmio, Cromo, y también de los Coliformes Fecales



### 3.1.7 Calidad de Sedimentos

El reporte denominado “Características Físico – Químicas de los Sedimentos del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil y sus Afluentes Daule y Babahoyo [5]”, caracterizó la textura de los sedimentos del área de La Toma en dos muestreos realizados en noviembre de 1994 y junio de 1995. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 18. Textura Granulométrica en los Sedimentos (1994-1995)

Río	Estación	No.	Fecha	%	% Limo	%Arcilla	Textura
				Arena			
Río Daule	La Toma	7	Noviembre 1994	93,19	6,40	0,42	Arenoso
			Junio 1995	95,22	7,78	0	Arenoso

Fuente: Instituto Nacional de Pesca

Con la finalidad de tener conocimiento de la calidad del sedimento el río Daule, se ha tomado en consideración los resultados analizados en el

---

5 Comportamiento Temporal y Espacial de las características físicas, químicas y biológicas del Golfo de Guayaquil y sus afluentes Daule y Babahoyo entre 1994 y 1996, Instituto Nacional de Pesca - Agosto 1998 (Chalén, F., E. Pérez y P. Macías)

Estudio de Impacto Ambiental Ex–post de la Planta Potabilizadora de Agua

La Toma de Intergua. Los puntos de monitoreo fueron los siguientes:

Tabla 19. Puntos de Monitoreo de Sedimento (Agosto 2008)

Estaciones	X metros E	Y metros N
ESF1	613484.56	9781188.54
ESF2	615114.96	9780207.26
ESF3	615145.04	9780127.15

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex–post de la Planta Potabilizadora de Agua

La Toma de Intergua 2008

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda.

Al no existir en la legislación ambiental ecuatoriana normativa para sedimentos someros de ríos, se tomó como referencia la Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados del Anexo 2, Libro VI del TULSMA. Los parámetros analizados y resultados son los siguientes:

Tabla 20. Resultados Monitoreo de Calidad de Sedimentos (Agosto 2008)

Parámetro	Unidad	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Límite Máximo Permisible
		(ESF1)	(ESF2)	(ESF3)	
pH	upH	7,25	7,2	7,38	6 - 8
Aceites y Grasas	mg/Kg	5,21	< 0,40	< 0,40	-
Aluminio	mg/Kg	27,05	17,25	26,37	-
Arsénico	mg/Kg	0,61	0,03	0,37	5
Bario	mg/Kg	76,84	72,99	33,19	200
Cadmio	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	0,50
Zinc	mg/Kg	32,66	27,55	29,09	60
Níquel	mg/Kg	3,5	2,3	2,9	20
Vanadio	mg/Kg	< 0,001	< 0,001	< 0,001	25
Cromo VI	mg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2,5
Plomo	mg/Kg	5,6	3,6	4	25
Mercurio	mg/Kg	0,10	0,04	0,05	0,10
Pesticidas	µg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-

Parámetro	Unidad	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Límite Máximo Permisible
		(ESF1)	(ESF2)	(ESF3)	
Organoclorados					
Pesticidas Organofosforados	µg/Kg	< 0,02	< 0,02	< 0,02	-
Carbamatos Totales	µg/Kg	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex-post de la Planta Potabilizadora de Agua

La Toma de Intergua, 2008

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda.

## 3.2 COMPONENTE BIÓTICO

### 3.2.1 Hábitat

Para la clasificación del meso-hábitat fluvial longitudinal, se tomo en consideración la metodología establecida por Bisson (1982) y Sanz Ronda y Martínez de Azagra (1999), pero aplicada para cuerpos hídricos de cuencas bajas; evaluado en base a su geomorfología y velocidad de la corriente de

agua, ya que muchos de los otros parámetros no fueron aplicables para el presente sitio; quedando la clasificación de la siguiente manera:

- Rápidos
- Pozas
  - Tablas Rápidas
  - Tablas Lentas
  - Remansos Vadeables
  - Remansos

Tabla 21. Clasificación del Meso-hábitat Fluvial (Características)

	RÁPIDOS	TABLAS RÁPIDAS	TABLAS LENTAS	REMANSOS VADEABLES	REMANSOS
<b>Velocidad</b>	>60cm/s	46-60cm/s	30-45cm/s	20-30cm/s	<20cm/s

Fuente: Sanz Ronda y Martínez de Azagra (1999)

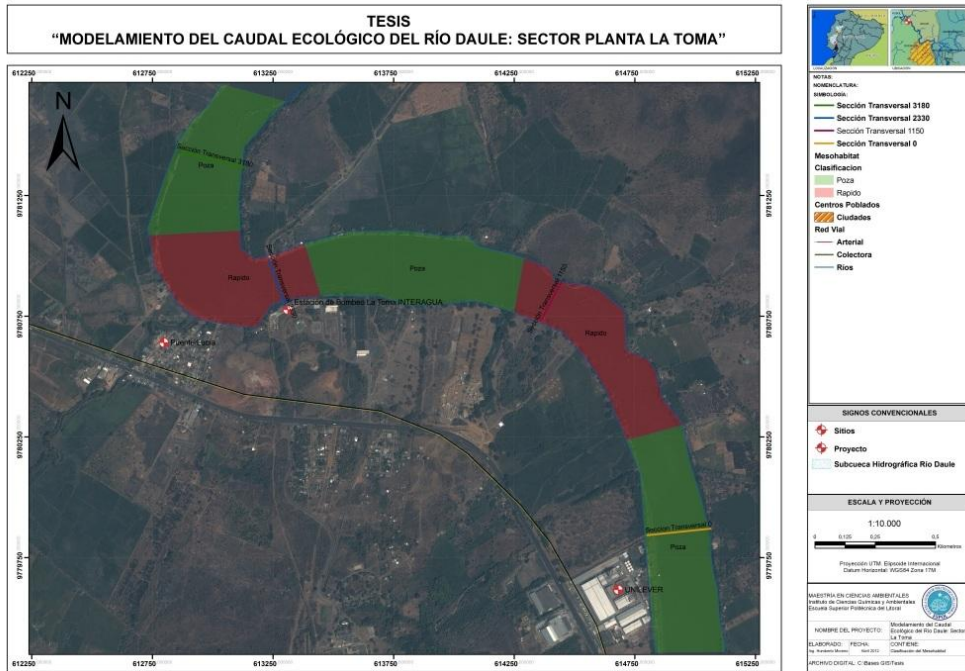


Figura 49. Clasificación del Meso-hábitat Fluvial del Río Daule

Elaboración: Humberto Moreno

En lo que respecta al meso-hábitat fluvial de cada sección transversal se realizó una simulación en el programa Arcgis 9.3 donde modelaron las velocidades promedio de la columna de agua en cada uno de los sitios medidos.

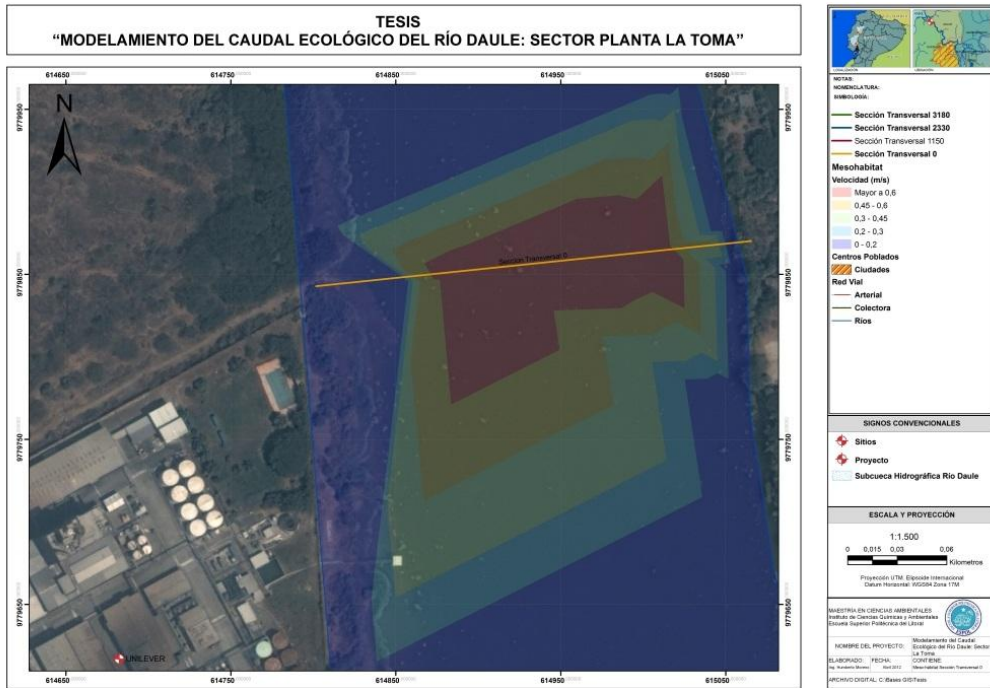


Figura 50. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST0 (Sector Univeler Andina)

Elaboración: Humberto Moreno

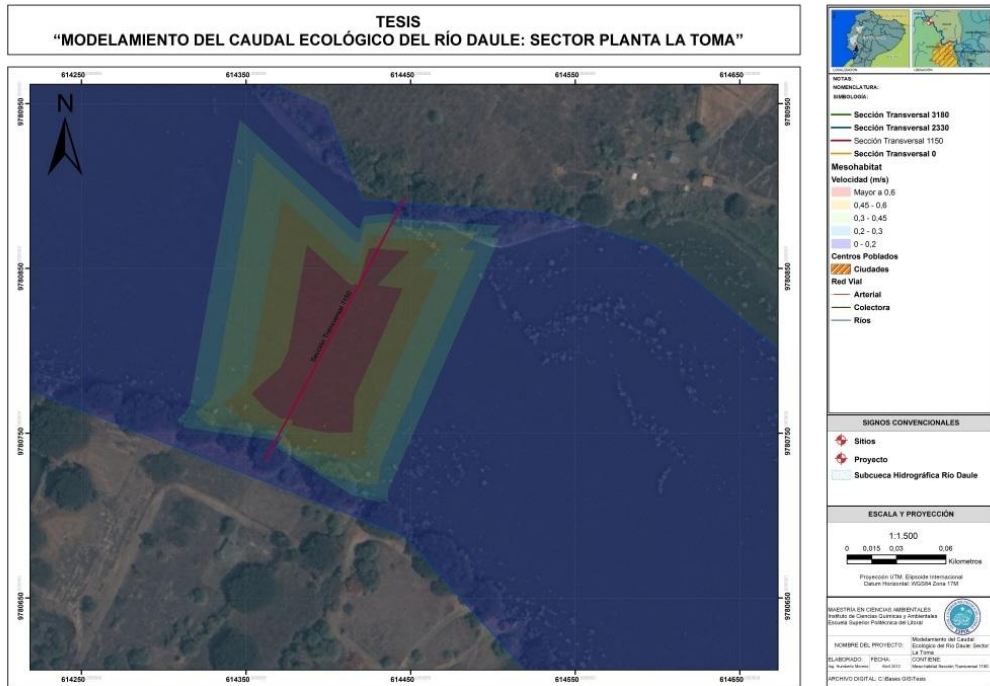


Figura 51. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST 1150 (Sector Dos Reberas)

Elaboración: Humberto Moreno



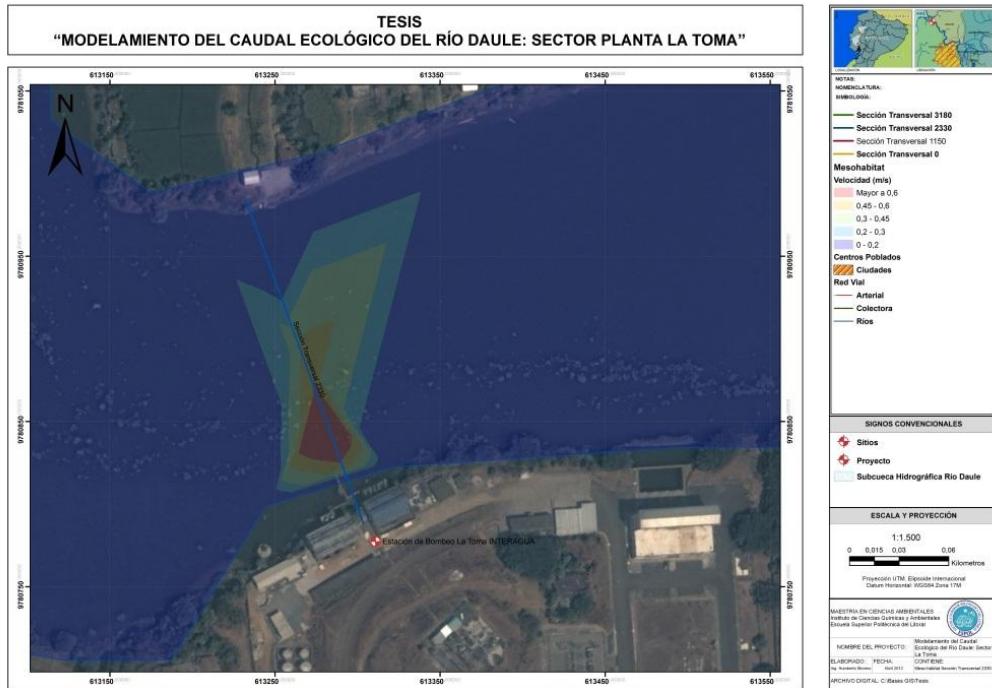


Figura 52. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST 2330 (Sector Planta de Bombeo

La Toma)

Elaboración: Humberto Moreno

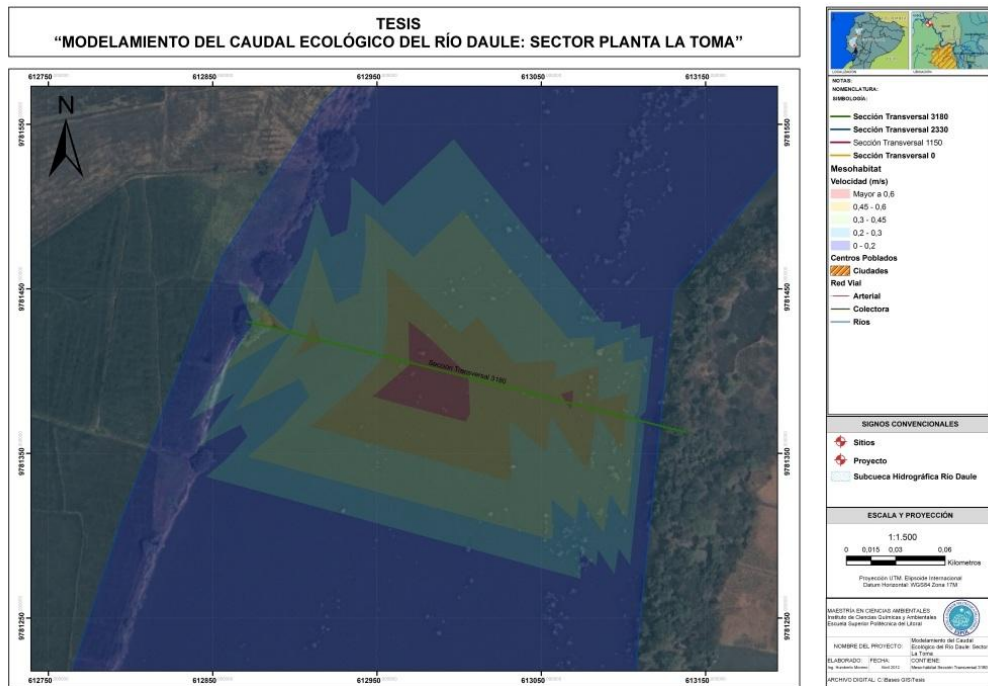


Figura 53. Meso-hábitat Fluvial del Río Daule ST 3180 (Sector Aguas Arriba de La

Toma)

Elaboración: Humberto Moreno

### 3.2.2 Fauna Acuática

#### 3.2.2.1 Metodología

Para la descripción del presente componente, se uso la siguiente

metodología:

1. Búsqueda de información bibliográfica de estudios realizados acerca de ictiofauna en ríos de la cuenca baja en el Ecuador, se

tomó en consideración los siguientes parámetros:

- a. Tipo de Especies
- b. Características de las Especies
  - i. Talla
  - ii. Peso
  - iii. Proporción sexual
  - iv. Fecundidad
  - v. Grasa
  - vi. Composición del alimento
- c. Abundancia de Especies
- d. Hábitat

2. Se realizaron encuestas en a pescadores y comerciantes del área de estudio, en las cuales se toparon los siguientes tópicos:

- a. Tipo de Especies
- b. Especies encontradas con mayor o menor abundancia en el río Daule

c. Hábitat de especies con menor abundancia

i. Velocidad

ii. Profundidad

iii. Sustrato

d. Estadio de Vida

### **3.2.2.2 Ictiofauna**

#### **3.2.2.2.1 Especies y su Abundancia**

El “Estudio sobre la Biología de Peces del Río Vinces [6]” elaborado por el Instituto Nacional de Pesca, fue desarrollado entre los meses de noviembre 1972 y agosto de 1973. En el estudio se colectaron datos mensuales usando ejemplares capturados por varios métodos incluyendo atarraya, el chinchorro y trampas; se estudiaron datos sobre la longitud total, peso total, peso eviscerado, sexo, estado de madures de las gónadas, estado del estómago y contenidos estomacales y parásitos. Las especies de peces identificadas taxonómicamente de manera preliminar en el río Vinces, son las siguientes:

---

6 Boletín Científico y Técnico Volumen II, Número I del Instituto Nacional de Pesca - Agosto 1973 (Betty Barnhill Les, Dr. Efrén López León y Anthony Les)

Tabla 22. Listados de Especies del Río Vinces

Familia	Nombre Científico	Nombre Vulgar
Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico
Curimatidae	<i>Curimatorbis boulengeri</i>	Dica
Characidae	<i>Brycon dentex</i>	Dama
Characidae	<i>Brycon sp.</i>	Sábalo
Anostomidae	<i>Leporinus ecuadoriensis</i>	Ratón
Cichlidae	<i>Aequidens rivalatus</i>	Vieja Azul
Cichlidae	<i>Cichlasoma festae</i>	Vieja Colorada
Gobiidae	<i>Dormitador latifrons</i>	Chame
Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche
Pimilodidae	<i>Rhamdia cinerascens</i>	Barbudo

Ariidae	<i>Hexanematichthys sp.</i>	Bagre de Río
Cetopsidae	<i>Cetopsogiton occidentalis</i>	Bagre Ciego
Gymnotidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	Bio
Loricariidae	<i>Plecostomus spinosomus</i>	Raspabalsa
Centropomidae	<i>Centropodus (unionensis)</i>	Robalo
Characidae	<i>Astyanax sp.</i>	Sabaleta
Characidae	<i>Astyanax sp.</i>	Cazuela
Eleotridae	<i>Eleotris (picta)</i>	Guabina
Pygiidae	<i>Pygidium sp.</i>	Chillo
Paradontidae	<i>Apareidon (ecuadoriensis)</i>	Robalito
Lebiasinidae	<i>Lebiasina imaculata</i>	Huajja

Fuente: “Estudio sobre la Biología de Peces del Río Vinces”

Elaboración: Instituto Nacional de Pesca - Agosto 1973

Dentro de dichas especies se determinó que el Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*), fue la especie más común y que tiene un mayor valor en el mercado; así como la Dica (*Curimatorbis boulengeri*), y el Ratón (*Leporinus ecuadoriensis*), pero con un menor valor en el mercado.

La Dama (*Brycon dentex*), Vieja Azul (*Aequidens rivalatus*) y el Barbudo (*Rhamdia cinerascens*) se presentan en menor cantidad pero tienen un muy buen valor en el mercado, así como el Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*). El Guanchiche (*Hoplias microlepis*) es una especie importante durante la escasez de peces en el invierno cuando se pescaba con caña.

Por otro lado se encontró que el Bagre Ciego (*Cetopsogiton occidentalis*), y Bio (*Sternopygus macrurus*), son especies escasas en durante el verano; mientras que el Sábalo (*Brycon sp.*) aparece en el mercado únicamente los primeros meses del verano. Otras especies como el

Chame (*Dormitador latifrons*), el Bagre de Río (*Hexanematichthys sp.*)

aparecen en el mercado varias veces al año en menores números.

Se captura la Raspabalsa (*Plecostomus spinosissimus*) a lo largo del año,

pero raramente se lo lleva al mercado. El Robalo (*Centropodus*

*unionensis*) es un pez de mar pero hace migraciones hacia agua dulce

cuando el río esta profundo.

El Estudio indica que las otras especies de dicha lista no tienen un valor

comercial, por lo cual no se pudo estimar su abundancia por medio del

mercado. Sin embargo, se pudo observar por medio de colecciones

realizadas mediante mallas pequeñas (1,5m) que las especies Sabaleta y

Cazuela (*Astyanax sp.*) son las más abundantes y con una distribución

amplia; dichas especies constituyen una fuente de alimento para peces

carnívoros como el Barburdo (*Rhamdia cinerascens*), Guanchiche

(*Hoplias microlepis*) y la Dama (*Brycon dentex*).

En el estudio "Bio-ecología de los Peces del Río Babahoyo y

Perspectivas de su cultivo" [5], desarrollado en el intervalo comprendido

entre los meses de marzo de 1994 a febrero de 1995 por el Instituto



Nacional de Pesca, cuyo objetivo fue estudiar las comunidades de peces y sus aspectos biológicos como hábito alimenticio, reproducción y crecimiento; debido al desconocimiento de información de este tipo en el país. El estudio fue realizado en el río Babahoyo desde su nacimiento hasta su desembocadura, tomando en consideración las siguientes estaciones: Zapotal, Ventanas, Catarama, Río Chico, Babahoyo y Samborondón.

Las principales especies estudiadas en este estudio fueron las siguientes:

Tabla 23. Listados de Especies del Río Babahoyo

Familia	Nombre Científico	Nombre Vulgar
Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico
Characidae	<i>Brycon dentex</i>	Dama
Anostomidae	<i>Leporinus ecuadoriensis</i>	Ratón
Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche

Pimilodidae	<i>Rhamdia cinerascens</i>	Barbudo
Cetopsidae	<i>Cetopsogiton occidentalis</i>	Bagre Ciego

Fuente: "Bio-ecología de los Peces del Río Babahoyo y Perspectivas de su cultivo"

Elaboración: Instituto Nacional de Pesca 1994 -1995

Durante la realización del Estudio de Impacto Ambiental Ex post de la Planta de Potabilización La Toma de Interagua en el año 2008; se levantó el componente ictiológico del río Daule, específicamente en el sitio La Toma; siendo las principales especies peces encontradas, las indicadas a continuación:

Tabla 24. Listados de Especies del Río Daule

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus ecuadoriensis</i>	Ratón
	Characidae	<i>Brycon dentex</i>	Dama

		<i>Brycon sp</i>	Sábalo
		<i>Astyanax sp</i>	Sabaleta
	Curimatidae	<i>Curimatorbis boulengeri</i>	Dica
	Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche
	Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico
Gymnotiformes	Gymnotidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	Bio
Perciformes	Cichlidae	<i>Aequidens rivulatus Cichlosoma festae</i>	Vieja Azul Vieja Roja
	Gobiidae	<i>Dormitator latifrons</i>	Chame
Siluriformes	Cetopsidae	<i>Cetopsogiton occidentalis</i>	Bagre Ciego
	Loricariidae	<i>Plecostomus spinosissimus</i>	Raspabalsa
	Pimilodidae	<i>Rhamdia cinerascens</i>	Barbudo

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Ex-post de la Planta Potabilizadora de Agua

La Toma de Intergua 2008

Elaboración: Consultora Ambiental Ecosambito C. Ltda.

De acuerdo a la información levantada, las artes de pesca principales usadas son: enmalle de fondo, chinchorro de malla pequeña, atarraya y caña.

En el estudio “Aspectos Biológicos y Pesqueros de los Principales Peces del Sistema Hídrico de la Provincia de Los Ríos, durante 2009” [7]; se realiza una investigación de las diferentes fases de desarrollo, épocas de desove y factores hidrográficos que afecta la distribución de las principales especies de peces del sistema hídrico de Los Ríos.

El estudio se llevó a cabo en los meses de enero a diciembre del 2009 (a excepción de los meses de mayo, agosto y septiembre), donde se procedió a coleccionar ejemplares en 40 sitios de pesca (pozas, esteros, sabanas, humedales), realizar encuestas a pescadores y comerciantes, y

---

7 Boletín Científico y Técnico del Instituto Nacional de Pesca, Volumen XX, Número 6 del año 2010 (William Revelo)

visitar mercados públicos de 13 cantones de la provincia de los Ríos con la finalidad de conocer la procedencia de los peces.

Como resultado se encontraron 16 especies de valor comercial, siendo 9 las más relevantes; se indican a continuación:

Tabla 25. Listados de Especies de la Provincia de Los Ríos

Familia	Nombre Científico	Nombre Vulgar
Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico*
Curimatidae	<i>Curimatorbis boulengeri</i>	Dica*
Characidae	<i>Brycon dentex</i>	Dama*
Anostomidae	<i>Leporinus ecuadoriensis</i>	Ratón*
Cichlidae	<i>Aequidens rivalatus</i>	Vieja Azul*
Cichlidae	<i>Cichlasoma festae</i>	Vieja Colorada

Gobiidae	<i>Dormitador latifrons</i>	Chame
Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche*
Pimilodidae	<i>Rhamdia cinerascens</i>	Barbudo*
Cetopsidae	<i>Cetopsogiton occidentalis</i>	Bagre Ciego*
Eleotridae	<i>Eleotris (picta)</i>	Guabina
Pygiidae	<i>Pygidium sp.</i>	Chillo
Centropomidae	<i>Centropodus (unionensis)</i>	Robalo
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia Negra
Loricariidae	<i>Plecostomus spinosissimus</i>	Campeche*
Sciaenidae	<i>Cynoscion altipinnis</i>	Corvina

\*Especies de peces más relevantes

Fuente: “Aspectos Biológicos y Pesqueros de los Principales Peces del Sistema

Hídrico de la Provincia de Los Ríos”

Elaboración: Instituto Nacional de Pesca - 2010

El estudio indica que actualmente en la pesquería de peces de agua dulce se pone en evidencia un sinnúmero de aspectos como la disminución de los desembarques de las principales especies de peces, así como la frecuencia de ocurrencia en las capturas de estas son cada vez menor.

Para el presente proyecto de tesis, durante el mes de Febrero del 2012 se realizó una investigación del tipo de peces que habitan actualmente en el río Daule, su abundancia y preferencias bióticas. Se realizaron encuestas (Anexo 3) a pescadores, comerciantes y habitantes del área de Puente Lucía, en horas de llegada de los pescadores (6H00 – 8H00).

De la sistematización de la información indicada, se obtuvo que las especies encontradas en el río son las siguientes:

Tabla 26. Listados de Especies del Río Daule

Familia	Nombre Científico	Nombre Vulgar
Prochilodontidae	<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	Bocachico
Curimatidae	<i>Curimatorbis boulengeri</i>	Dica
Characidae	<i>Brycon dentex</i>	Dama
Anostomidae	<i>Leporinus ecuadoriensis</i>	Ratón
Gobiidae	<i>Dormitador latifrons</i>	Chame (o Chalaco)
Cichlidae	<i>Aequidens rivalatus</i>	Vieja Azul
Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	Guanchiche
Pimilodidae	<i>Rhamdia cinerascens</i>	Barbudo
Ariidae	<i>Hexanematichthys sp.</i>	Bagre de Río
Ariidae	<i>Bagre Pinnimaculatus</i>	Bagre Colorado
Cetopsidae	<i>Cetopsogiton</i>	Bagre Ciego



	<i>occidentalis</i>	
Doradidae.	<i>Agamyxis Pectinifrons</i>	Bagre Negro (Prieto)
Gymnotidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	Bio
Centropomidae	<i>Centropodus (unionensis)</i>	Robalo
Lebiasinidae	<i>Lebiasina imaculata</i>	Huaija (o Guaija)
Scienidae	<i>Cynoscion albus</i>	Corvina
Cichlidae	<i>Oreochromis</i>	Tilapia

Fuente: Tesis Caudal Ecológico del Río Daule, 2012

Elaboración: Humberto Moreno

Del listado anterior, se indicó que las especies encontradas con mayor abundancia son la Tilapia (*Oreochromis*), Bagre, Chame (*Dormitador latifrons*), Corvina (*Cynoscion albus*), Guanchiche (*Hoplias microlepis*); y las especies que se escasamente se encuentran son: Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*), Robalo (*Centropodus (unionensis)*), Ratón

(*Leporinus ecuadoriensis*), Vieja Azul (*Aequidens rivalatus*), Dica (*Curimatorbis boulengeri*).

Las razones principales o percepciones de los encuestados, por las cuales se atribuye la disminución de ciertas especies de peces del río

Daule a lo largo de los últimos 30 años, son las siguientes:

- Especies Introducidas
- Contaminación agrícola
- Técnicas de pesca no adecuada
- Operación de la Presa Daule Peripa



Arribo de Pescadores con faena

	
<p>Comercialización local de pescados</p>	<p>Bagre</p>
	
<p>Chame (<i>Dormitador latifrons</i>)</p>	<p>Corvina (<i>Cynoscion albus</i>)</p>

Figura 54. Levantamiento Biótico, Febrero 2012

Fuente y Elaboración: Humberto Moreno, Febrero 2012

De acuerdo a una investigación realizada por el Diario El Universo [8], se indica que poco a poco se han ido reduciendo las cantidades de peces que se pescaban hasta la actualidad; se imputa que una de las principales causas ha sido los químicos que se introducen al agua por los cultivos de arroz, afectado principalmente a la Vieja Azul (*Aequidens rivalatus*); especie que más ha reducido en estos últimos años. Los pescadores indican que cada vez se encuentran menos peces y más pequeños.

Se menciona que dicho pez es uno de los de mayor importancia para los pescadores del Litoral, ya que por su abundante carne es muy apetecido comercialmente; sin embargo, su población está decreciendo al igual que la de otras diez especies de la cuenca del río Guayas, de las 26 clases nativas que se identificaron en dicho sistema hídrico por el Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil, en base a su "Guía Ilustrada de la Cuenca del Río Guayas".

Entre otras causas de esta disminución, se encuentra la introducción de especies exóticas como la Tilapia (*Oreochromis*), la sedimentación que

---

8 Diario El Universo "Cada vez menos peces nadan por la cuenca del río Guayas", Domingo 23 de Agosto del 2009

actúa en el pez mediante las partículas en suspensión que están en el agua que penetran los bronquios, taponándolos y provocando la muerte del individuo. Una de las mayor causas de destrucción de los ecosistemas acuáticos es la contaminación y las ilegales prácticas de pesca, como el uso de dinamita y otras sustancias nocivas para matar la mayor cantidad de las especies; como el barbasco, un macerado orgánico que al ser lanzado a los ríos paraliza a los peces, los que luego aparecen ahogados flotando. Por otro lado, los metales pesados, que se generan por los desechos industriales, domésticos y agrícolas que se arrojan en los ríos, pueden causar la muerte de los peces por envenenamiento, y también reducen su capacidad reproductiva, ya que se han encontrado malformaciones en los huevos, cada vez menos llegan a fecundarse y los peces adultos son más pequeños.

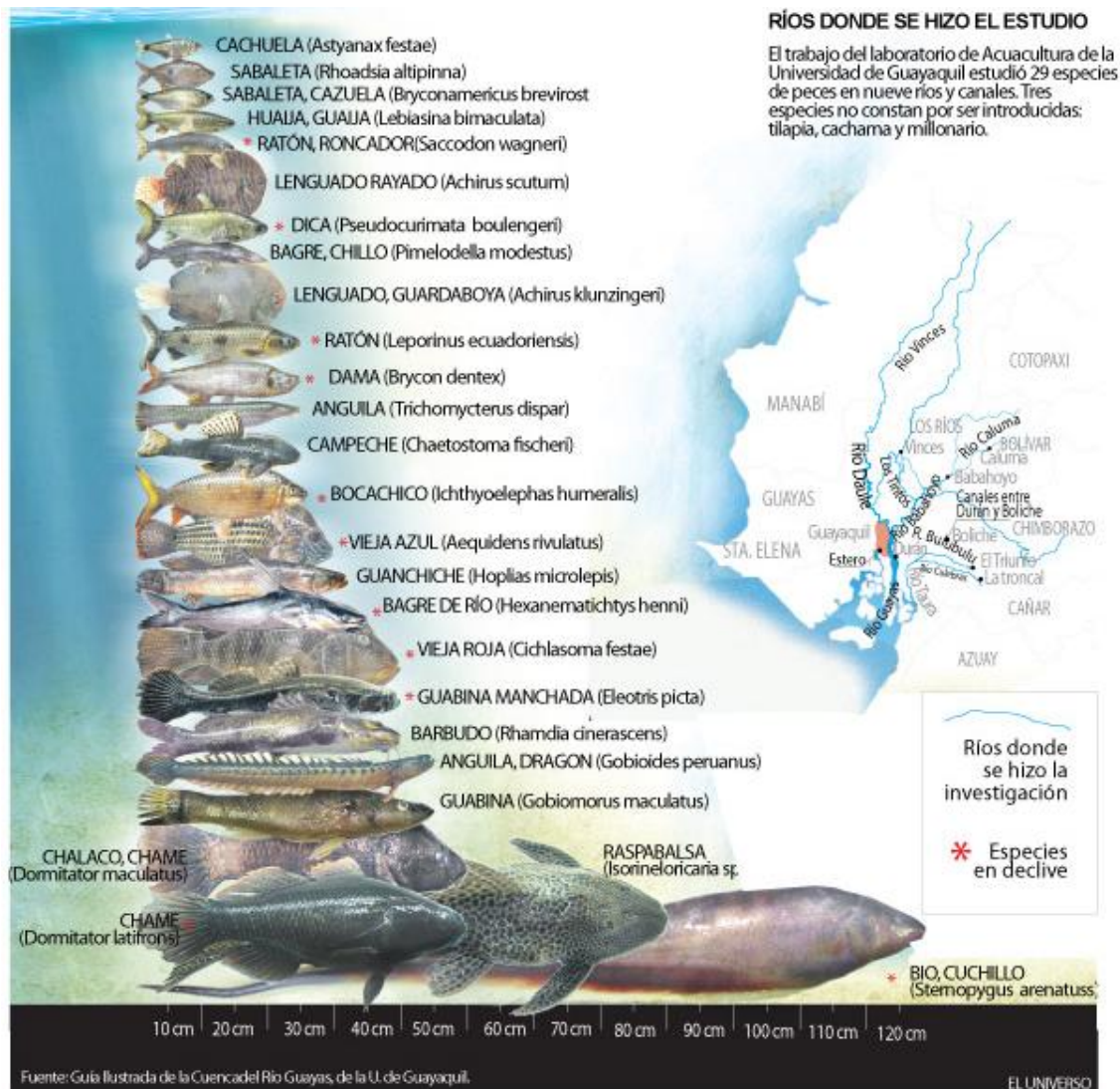


Figura 55. Especies de Peces en Declive de la Cuenca del Río Guayas

Fuente: Guía Ilustrada de la Cuenca del Río Guayas, Universidad de Guayaquil

Publicación: Diario El Universo, Agosto 2009

Según otra investigación realizada por el Diario el Universo [9], se indica que la cría de la Tilapia (*Oreochromis*) se ha ido incrementando durante los cinco últimos años en el país, causando que las especies nativas pierdan su espacio. Lo anterior, debido a que en las inundaciones las piscinas de cultivo se desbordan y las tilapias van a los ríos y comienzan a competir con los peces nativos y los desplazan poco a poco. La tilapia por ser una especie más fuerte y voraz, va dejando sin alimento a las especies silvestres.

Se menciona que una de las especies que han sido desplazadas y reducidas es el Bochachico (*Ichthyoelephas humeralis*), por lo cual el laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil se encuentran trabajando en proyecto de reproducción in vitro de peces de agua dulce nativos de la cuenca del río Guayas, siendo esta especie y la Cachuela (*Astynax festae*) estudiadas actualmente para lograr su preservación e incentivar su comercio, como una forma alternativa de producción sostenible.

---

9 Diario El Universo "Preservación de especies se impulsa en laboratorio", Domingo 23 de Agosto del 2009

En base a las encuestas realizadas a comerciantes, pescadores y habitantes en el levantamiento de información de Febrero del 2012, se indicó que otro factor que ha influenciado en la disminución de ciertas especies como el Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*), ha sido la construcción y operación de la Presa Daule Peripa. Lo anterior, debido a que es un pez migratorio que cumple su ciclo de vida en la ciénaga y el río. En el período lluvioso o de invierno habita en las ciénagas, pantanos o depresiones inundadas por el desbordamiento de los ríos, constituyéndose estos lugares en su hábitat de alimentación. Una vez el bocachico realiza el desove, los peces descienden a las ciénagas, donde recupera las energías perdidas en el proceso migratorio. Los huevos son arrastrados por las corrientes y su desarrollo embrionario dura de 14 a 16 horas, luego las larvas llegan a las ciénagas a merced de las corrientes e inician su crecimiento.

Por los antecedentes indicados, y considerando la disponibilidad de información bibliográfica en el aspecto biótico; para el presente proyecto de tesis se ha escogido la especie **Bocachico (*Ichthyoelephas***



**humeralis**) en su etapa adulta, para la evaluación y modelamiento del caudal ecológico del Río Daule, en el sector de La Toma.

### 3.2.2.2.2 Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*)

*Ichthyoelephas humeralis* es una especie de peces de la familia Prochilodontidae en el orden de los Characiformes que vive en zonas de clima tropical, su clasificación científica es la siguiente:

Tabla 27. Clasificación Científica Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*)

Clasificación científica	
Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
Infraclase:	Teleostei
Superorden:	Ostariophysii
Orden:	Characiformes
Familia:	Prochilodontidae

Género:	<i>Ichthyoelephas</i>
Especie:	<i>I. humeralis</i>
<b>Nombre binomial</b>	
<i>Ichthyoelephas humeralis</i>	

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Ichthyoelephas\\_humeralis](http://es.wikipedia.org/wiki/Ichthyoelephas_humeralis)



Figura 56. Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*)

Fuente:

[http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/ichthyoelephas\\_humeralis.html](http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/ichthyoelephas_humeralis.html)

a. Longitud

De acuerdo a los estudios realizados, y tomando en consideración la investigación del INA en el año 1994-1995 la longitud promedio de la

especie es de 285mm (Macho), siendo la hembra un poco más grande (296mm). A continuación se observan las mediciones realizadas a los ejemplares capturados.

Tabla 28. Longitud Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*)

Año del Estudio	Estudio	Ejemplares Analizados	Longitud Promedio	Longitud Máxima	Longitud Mínima
1972-1973	Estudio sobre la Biología de Peces del Río Vinces	100	256mm	349mm	176mm
1994-1995	Bio-ecología de los Peces del Río Babahoyo y Perspectivas de su cultivo	175	285 mm (Macho) 296 mm (Hembra)	398 mm (Macho) 405 mm (Hembra)	200 mm (Macho) 198 mm (Hembra)
2009	Aspectos Biológicos y	365	216mm	320mm	130mm

	Pesqueros de los Principales Peces del Sistema Hídrico de la Provincia de Los Ríos				
--	---	--	--	--	--

Fuente y Elaboración: Instituto Nacional de Pesca INP

**b. Peso**

En lo que respecta al peso total promedio del Bocachico, durante el estudio realizado por el INP en el año de 1994-1995 se pudo determinar que el macho pesa cerca de 368 g, y la hembra 296 g.

Tabla 29. Peso Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*)

Año del Estudio	Estudio	Ejemplares Analizados	Peso Total Máximo	Peso Total Promedio	Peso Total Mínimo	Peso Eviscerado Promedio
1972-1973	Estudio sobre la Biología de Peces del Río Vinces	84	680 g	260 g	-	221 g
1994-1995	Bio-ecología de los Peces del	175	781 g (Macho) 1174 g	368 g (Macho)	109 g (Macho)	-

	Río Babahoyo y		(Hembra)	296 g	118 g	
	Perspectivas de			(Hembra)	(Hembra)	
	su cultivo					

Fuente y Elaboración: Instituto Nacional de Pesca INP

c. Proporción Sexual

La proporción sexual de los ejemplares analizados es similar, tanto para el estudio realizado por el INP en el año 1994-1994, así como en el año 2009; siendo la relación 50,7% de Machos y 49,3% de Hembras para el primer caso, y 49,5% de Machos y 50,5% de Hembras para el segundo caso.

Tabla 30. Proporción Sexual Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*)

Año del Estudio	Estudio	Ejemplares Analizados			
		Machos	Hembras	Indeterminados	
1994-1995	Estudio sobre la Biología de Peces del Río Vinces	213	34,2%	33,3%	32,4%
2009	Aspectos Biológicos y Pesqueros de	365	40,8%	41,7%	17,5%

	los Principales				
	Peces del				
	Sistema				
	Hídrico de la				
	Provincia de				
	Los Ríos				

Fuente y Elaboración: Instituto Nacional de Pesca INP

**d. Madurez Sexual**

Para establecer la madurez sexual de los ejemplares analizados, se tomó como referencia la escala indicada en el Estudio del INP del año 1994-1995, esta es la siguiente:

Escala I = Juveniles y Adultos Inactivos

Escala II = Inmaduros

Escala II - III = En vías de Maduración

Escala III = Maduración Avanzada

Escala IV = Maduros

Escala V = Recién Desovados o Vacíos



En dicho estudio, para el periodo de agosto de 1994 a enero de 1995 se indicó que el registro de hembras en maduración avanzada y maduras (Etapas III y IV) tiene un intervalo largo de reproducción, pudiéndose desarrollar la emisión de ovas dos o mas veces en el año, abarcando tanto la época seca como lluviosa.

Durante el estudio del 2009 para ambos sexos se registró una mayor presencia de individuos inmaduros (estadios I y II) correspondientes a febrero y en menor porcentaje en abril y junio, mientras que en enero y febrero se registraron individuos en estadios III y IV que corresponde a ejemplares con avanzada madurez sexual

Tabla 31. Estadios de Madurez Sexual Bocachico (*Ichthyoelephas humeralis*) 2009

Sexo	Ejemplares Analizados	Estadio				
		I	II	III	IV	V
Hembras	365	55%	41%	2%	2%	0%
Machos		19%	59%	21%	1%	0%

\*\*\*Aspectos Biológicos y Pesqueros de los Principales Peces del Sistema Hídrico

de la Provincia de Los Ríos

Elaboración: Instituto Nacional de Pesca

e. Migraciones reproductivas

De acuerdo a Les y López (1973), las migraciones varían en su trayectoria, pero siempre el fin es reproducirse en las condiciones más favorables. En algunos casos dichas migraciones son verticales y los peces desovan en las bocas de lagunas que quedan muy arriba en su ambiente normal, como por ejemplo el bocachico de Brasil (*prochilodus scrofa*) que cumple migraciones verticales de cerca de 1110 km anualmente; pero en casos como el del río Vínces, las migraciones son laterales desde el propio río hasta llanuras de inundación aunque también existen migraciones verticales en menor intensidad.

Las llanuras de inundación presentan condiciones muy favorables para la reproducción. Las aguas son cálidas por razón de su reducida profundidad contribuyendo así al rápido desarrollo de

huevos y larvas. Esto es importante para que pasen las etapas más vulnerables a predadores en el menor tiempo. En estas aguas también se desarrolla mucha materia orgánica que sirve como alimento para la aumentada población de peces. En las llanuras, los peces crecen y acumulan reservas de grasa para los meses de verano cuando el alimento es escaso y poco crecimiento ocurre. Las llanuras tienen una función adicional, proveen muchos lugares seguros donde los alevinos se esconden de los predadores mientras alcanzan un tamaño mayor.

Se presentan aspectos negativos en este sistema de reproducción. Muchos peces son atrapados en las llanuras cuando las entradas se secan, los que mueren por la predación de aves o por la deficiencia de oxígeno. También la reproducción de los peces depende de la suficiente precipitación que provoca el desborde del río, pues a veces las condiciones del propio río no permiten la reproducción y si la permiten, es con un reducido éxito.

Las especies que desovan únicamente durante estas migraciones, tienen una alta fecundidad en comparación con las que desovan a

través del año. Esta alta fecundidad asegura una repoblación adecuada en vista de que el desove ocurre solamente una vez al año. Esta alta fecundidad permite el máximo aprovechamiento de las más favorables condiciones para la reproducción. Las Especies que muestran estas migraciones y la consecuente alta fecundidad, también son de mayor abundancia en comparación con las otras especies

En período seco (de poco agua), se desplazan a los ríos en grandes cantidades y es el fenómeno que conocemos como "subienda", esto ocurre en los meses de diciembre y enero y se alimentan de algas que se pegan a las rocas y palos que están en el fondo del río. El desplazamiento y menor calidad en la alimentación, permite que se presente la madurez sexual en los bocachicos por la reducción de su peso y cuando vuelven las lluvias, las hembras desovan (depositan los huevos) en los canales y bordes de ríos que luego transportarán los alevinos (pescados jóvenes) a sitios de inundación donde se inicia un nuevo ciclo de vida (que se estima de 4 años cuando alcanza unos 25cm de longitud); es un pez detritívoro

**f. Fecundidad**

El estudio de Florencio, Cadena, Moya y Villamar (1994-1995) indica que el valor mínimo de ovocitos en una hembra en maduración avanzada (escala III) fue de 21248, conforme avanzó la madurez hacia el estadio IV (maduras), se incrementó el número de ovocitos a un máximo de 596187. Las especies estudiadas reflejaron un alto grado de fecundidad, lo que difiere con los datos que reportan Less – López (1994) para los peces del río Vínces donde se indica una fecundidad de 140536 ovocitos.

**g. Estado de Grasa**

El grado de Grasa Visceral se determinó macroscópicamente mediante la siguiente escala:

0 = Sin Grasa

1 = Poca Grasa

2 = Regular

3 = Abundante Grasa

El estudio 1994-1995, mostró que el 41% de las especies analizadas no presentaron grasa en su vísceras, el 19% poca grasa (grado 1), el 15% regular grasa y el 61% abundante grasa que cubría totalmente la cavidad abdominal (grado 3).

#### **h. Repleción Estomacal**

A través de la observación visual se constató la repleción estomacal de los especímenes, con de la siguiente escala:

0 = Vacío

1 = Semivacío

2 = Semi-lleno; medio estómago lleno

3 = Lleno, pero sin distenderse

4 = Muy lleno o dilatado

En el estudio de 1994-1995, el resultado de la repleción estomacal fue del 60% de los estómagos vacíos, y el 40% restante mostraron grados 1, 2, 3 y 4.

#### i. Composición de Alimento

La investigación del año 1973, menciona que la época de mayor abundancia de alimentos es en el invierno y los dos meses que siguen al final de la estación; en esta época el agua esta enriquecida por mucho material orgánico que se desarrolla rápidamente en las aguas cálidas de las llanuras de inundación; también existe una abundancia de peces como resultado de los desoves recién hechos que sirven como alimento para los carnívoros. Por lo antes mencionado, durante esta época presento una abundancia de grasa en el cuerpo, especialmente en la cavidad abdominal y vísceras. En contraste durante el verano, el río contiene una menor cantidad de alimentos, y disminuye según avanza la estación y la consecuente sequía del río hasta que llegan a una escasez en los meses de noviembre y diciembre. Durante estos meses los peces usan su grasa acumulada.

Por su categoría de consumidor primario (herbívoro) es de fundamental importancia ya que transforma la energía potencial del

detritus en energía utilizada por los niveles tróficos superiores, el espectro trófico ha demostrado que es un consumidor primario filófago fitoplanctónico, ramoneador de epífitas. El análisis microscópico de los estómagos analizados se encontró representada la División Crisofitas, Euglenofita, Clorofitas y las Cianofitas.

El Bocachico tienen un régimen obligatorio en que nunca varía lo que consume, que consume micro-organismos como: algas, detritos, plancton mezclados en una masa de fango; y específicamente el periphyton. Teniendo la boca y los dientes especializados para obtenerlo, su boca en posición terminal, muy protráctil con los labios grandes u carnosos, presenta dientes mandibulares en forma cardiformes, branquispinas cortas, estómago tubular con paredes gruesas y musculosas, intestino largo delgado, y comportamiento de alimentarse raspar y succionar algas etc. adheridas a rocas u otras superficies.



### 3.2.2.2.3 Preferencias Bióticas

Para la determinación de las preferencias bióticas de la especie de estudio "**Bocachico**" (*Ichthyoelephas humeralis*), se realizaron encuestas tanto a los pescadores como a comerciantes del sitio, dado a la falta de información bibliográfica al respecto. Se tomaron en consideración 3 variables principales, tomando en cuenta los requerimientos del modelo de caudal ecológico que requiere el software PHABSIM y la metodología IFIM.

Los resultados de las encuestas realizadas reflejaron lo siguiente:

#### **1. Profundidad**

Según lo indicado por los pescadores, el Bocachico generalmente se lo encuentra en sitios poco profundos en época seca, o en profundidades entre 2 a 3m a lo largo del río.

#### **2. Velocidad**

En lo que respecta a la velocidad de preferencia de la especie, de acuerdo a lo expresado por los encuestados se puede establecer como una velocidad media que oscila entre los 0,50 y 0,70 m/s.

### **3. Sustrato**

Como se describió en el numeral No.3.1.7 Calidad de Sedimentos y de acuerdo a los estudios realizados por el Instituto Nacional de Pesca en noviembre de 1994 y junio de 1995, el 95% del sustrato del río Daule se caracteriza por ser Arena; razón por la cual se tomo este dato como preferencial para la especie estudiada.

## Capítulo 4: PHYSICAL HABITAT SIMULATION

### SOFTWARE (PHABSIM)

#### 4.1 PROGRAMA DE MODELAMIENTO PHABSIM

Como se mencionó en el capítulo 2 del presente documento, el software Physical Habitat Simulation Software, con sus siglas en inglés PHABSIM; a través de la metodología IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) relaciona el caudal circundante de un cuerpo de agua con el micro-hábitat físico disponible en varios estadios vitales de una especie; mismo que se expresado como Superficie Pondera Útil (SPU o WUA).

El PHABSIM presume que la principal condicionante y limitante para la dinámica vital y poblacional de la especie de estudio, es la disponibilidad del hábitat físico; pero existen otros factores como disponibilidad de alimento, calidad de agua, competencia y predación que influyen en las condiciones de supervivencia y población de los organismos. Además es importante indicar que el programa supone que la especie objetivo reacciona directamente ante las variables que caracterizan el micro-hábitat físico como: sustrato,

profundidad, velocidad, temperatura, y otras. Pero no es capaz de predecir la biomasa o el tamaño de la población de peces en las condiciones estudiadas.

El Software Physical Habitat Simulation (PHABSIM) fue informatizado por los autores Milhous, R.T. y T.J. Waddle para MS-DOS en el año 1981, posteriormente salieron varias actualizaciones en 1989, 1990, y su versión 1.2 en el año 2002. Para el presente proyecto se uso el programa su versión 1.5.1 del año 2012 para Windows, distribuido gratuitamente por US Geological Survey Fort Collins Science Center [10].

Las principales etapas para desarrollar el modelo Physical Habitat Simulation (PHABSIM) son las siguientes:

1. Levantamiento de Datos de Campo
2. Simulación Hidráulica
3. Selección de Curvas de Preferencia, y
4. Simulación de Hábitat Físico

---

10 [http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/pub\\_abstract.asp?PubID=22800](http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/pub_abstract.asp?PubID=22800)

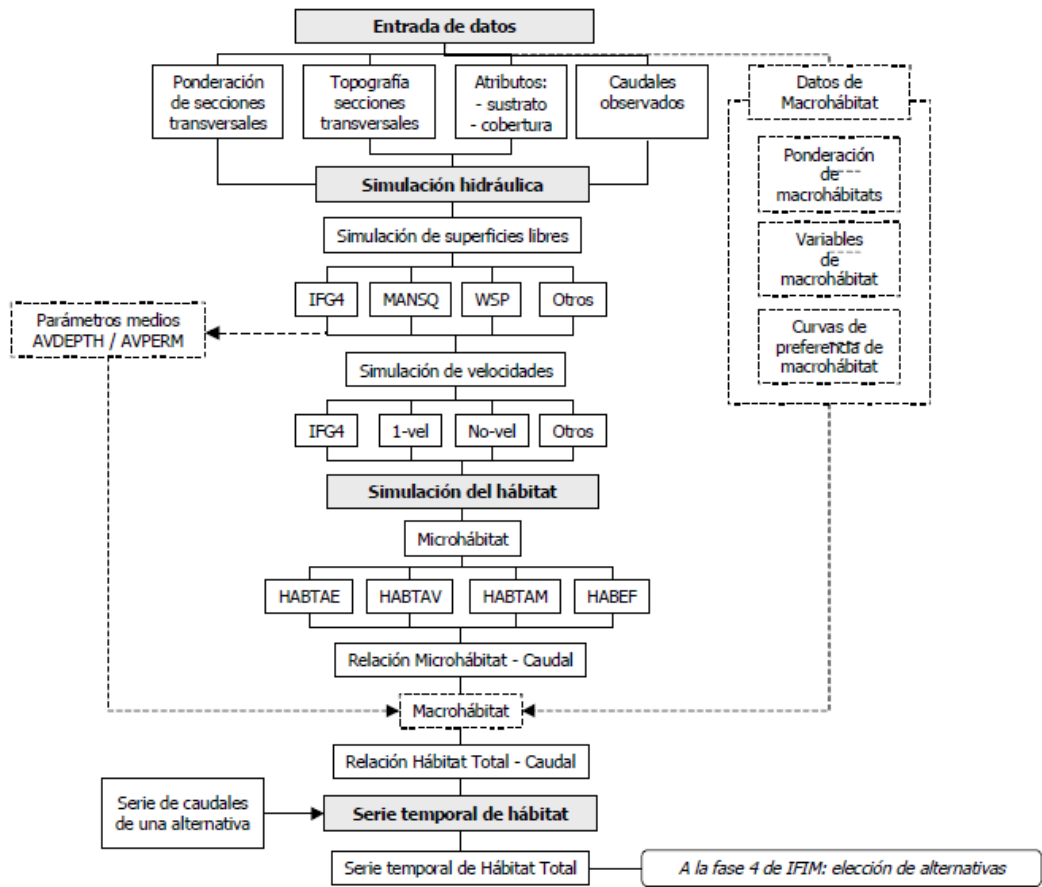


Figura 57. Esquema operativo del modelo PHABSIM

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

## 4.2 TOMA DE DATOS DE CAMPO

### 4.2.1 Levantamiento Topográfico (Secciones transversales)

Primeramente para establecer el hábitat del área de estudio se debe dividir el río en secciones transversales representativas, donde se pueda

determinar los micro-hábitats (celdas), meso-hábitats (sección) y macro-hábitats.

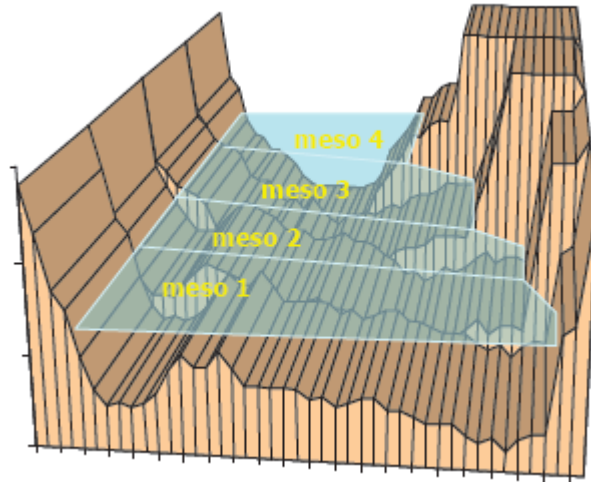


Figura 58. División de un Tramo en Meso-Hábitats y Micro-Hábitats

Fuente: J. M. Díez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

Para la fijación de las secciones transversales representativas que delimiten cada meso-hábitat, Payne (2003) indica que estas deberán ser proporcionales a la complejidad eco-hidráulica del tramo, por lo que en los estudios realizados con la metodología IFIM se recomienda que ninguna sección debe representar más del 5-10% del hábitat total; de otra parte, Buchanan y Sommers (1986) recomiendan que la anchura máxima de cada cerda sea igual al 1/20 de la anchura media de la sección. Cada sección

transversal deberá dividirse en celdas homogéneas en las que se deberá medir la profundidad, velocidad media y sustrato.

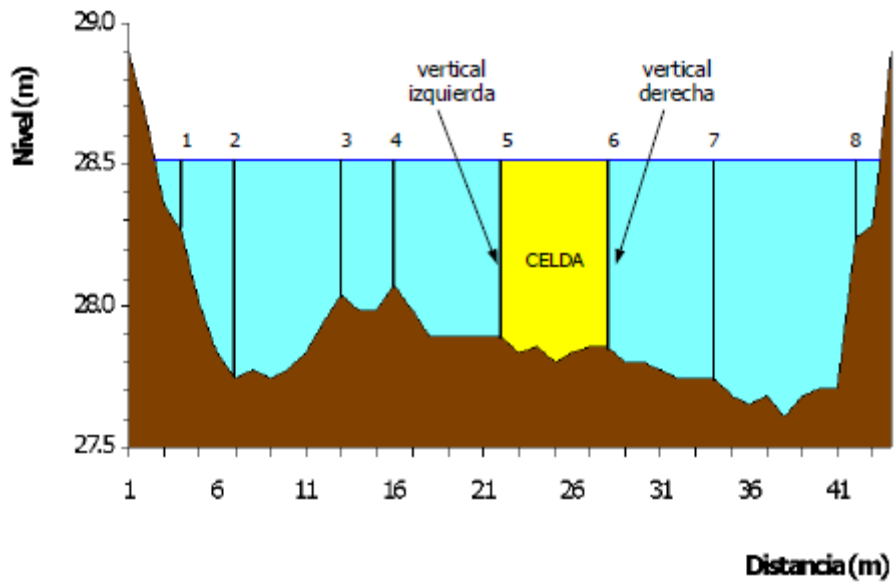


Figura 59. División de Celda Centrada

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

Los principales datos a tomarse en cuenta para el levantamiento topográfico son los siguientes:

#### 4.2.1.1 Nivel de Caudal Cero (NCC) (Stage of Zero Flow – SZF)

Es el punto más bajo de una sección transversal, y se define por el nivel que ocuparía la superficie libre cuando no existiese caudal circundante.

Esto representa las condiciones más extremas de los caudales desde el punto vista biótico, y el área ineficiente desde el punto de vista hidráulico.

El punto más bajo del cauce se lo identifica como talweg

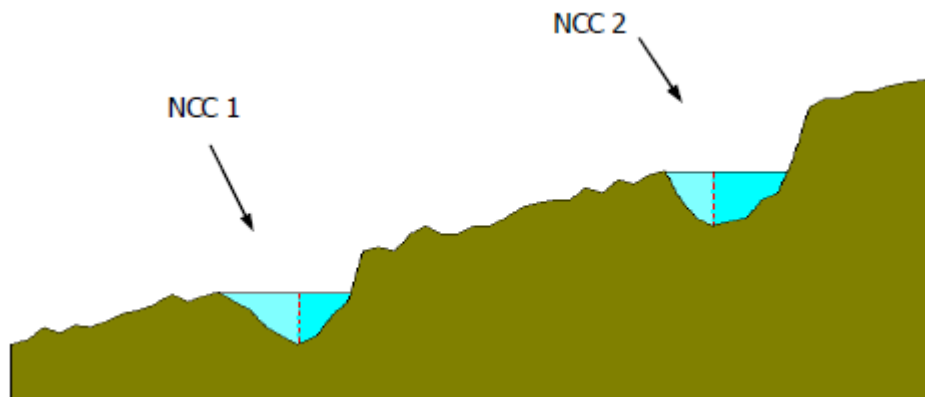


Figura 60. Nivel de Caudal Cero (NCC)

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

#### 4.2.1.2 Nivel de la Superficie Libre (NSL)

Corresponde al caudal circundante, que en ocasiones no es completamente horizontal y varía en cada extremo cuando hay zonas turbulentas. Es recomendable medir por lo menos 3 NSL en cada sección transversal, para obtener una aceptable precisión y calibración del modelo.



#### 4.2.1.3 Profundidad

La profundidad de cada sección se obtiene calculando la diferencia entre el NSL y NCC (profundidad efectiva), o el NSL y el talweg (Profundidad Máxima).

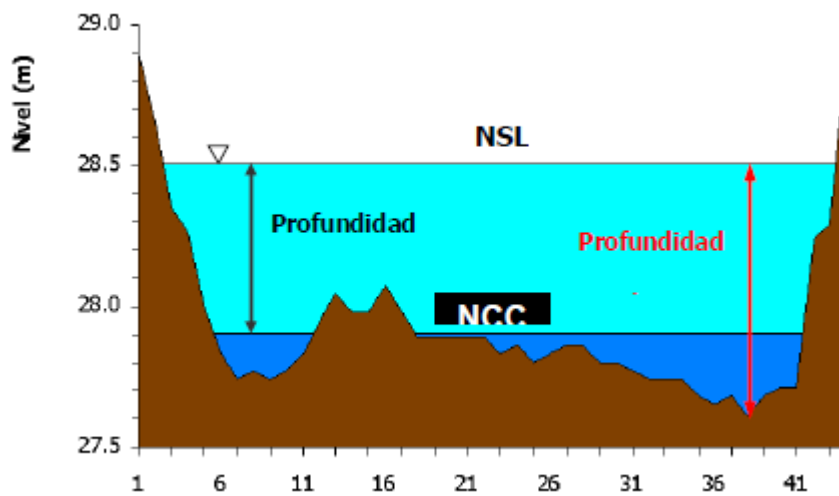


Figura 61. Profundidad Máxima y Efectiva

Fuente: J. M. Díez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

#### 4.2.2 Medición de Velocidades

Para la medición de las velocidades es necesario el uso de un correntómetro o molinete hidráulico. Es recomendable que la duración de las mediciones de las velocidades sea de entre 40 a 60 segundos para mejores resultados (Buchanan y Sommers 1968; MELP, 1998), pero para este tipo de estudios

pueden realizarse mediciones de 20 segundos para velocidades mayores a 0,57m/s, y 40 segundos para velocidades menores.

El número de puntos de monitoreo de velocidad dependerá de la profundidad del cauce:

- Profundidades menores a 75cm

Uno solo punto situado a una profundidad igual al 6/10 del calado, medida desde la superficie libre

- Profundidades entre 75 y 120cm

Dos puntos de medición situados a profundidades de 2/10 y 8/10 del calado. La velocidad se calculará con la siguiente ecuación:

$$U_v = \frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{2}$$

- Profundidades mayores a 120cm

Tres puntos de medición situados a profundidades de 2/10, 6/10 y 8/10 del calado. La velocidad se calculará con la siguiente ecuación:

$$U_v = \frac{u_{0.2} + u_{0.8} + 2u_{0.6}}{4}$$

**Nota:** Es importante indicar que para el presente proyecto, dado a que no se pudo realizar mediciones de las velocidades del fondo de cada sección por el tipo de equipo de medición, se realizó un promedio de las velocidades tomadas: superficie, 0,50m y 1m de profundidad para cada tramo y sección transversal.

Adicionalmente, para mayor precisión se pueden tomar entre 5 o 6 mediciones, tanto en la superficie, como cerca del lecho, y las otras a profundidades adicionales. La ecuación para el cálculo de la velocidad será la siguiente:

$$U_v = \frac{u_{sup} + 3u_{0.2} + 6u_{0.6} + 2u_{0.8} + u_{lecho}}{10}$$

$$U_v = \frac{u_{sup} + 2u_{0.2} + 2u_{0.4} + 2u_{0.6} + 2u_{0.8} + u_{lecho}}{10}$$

Una vez que se tienen las velocidades, se procede a calcular el caudal circundante de la sección; para lo cual se usa el método de “velocidad-área”, de French (1998), y Herschy (1995) entre otros. Para ello es necesario tener al menos una medición de velocidades para cada celda a través de la

siguiente ecuación, y medir un mínimo de 3 caudales para una calibración aceptable del modelo hidráulico. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$Q_i = \left[ \frac{1}{4}(b_i - b_{i-1})(h_i - h_{i-1}) + \frac{1}{4}(b_i - b_{i+1})(h_{i+1} - h_i) \right] U_{vi}$$

Dónde:

- $Q_i$  = Caudal circulante en la celda "i" (m<sup>3</sup>/s)
- $b_i$  = Distancia vertical "i" al origen (m)
- $h_i$  = Profundidad de la vertical "i" (m)
- $U_{vi}$  = Velocidad Media en la vertical "i" (m/s)

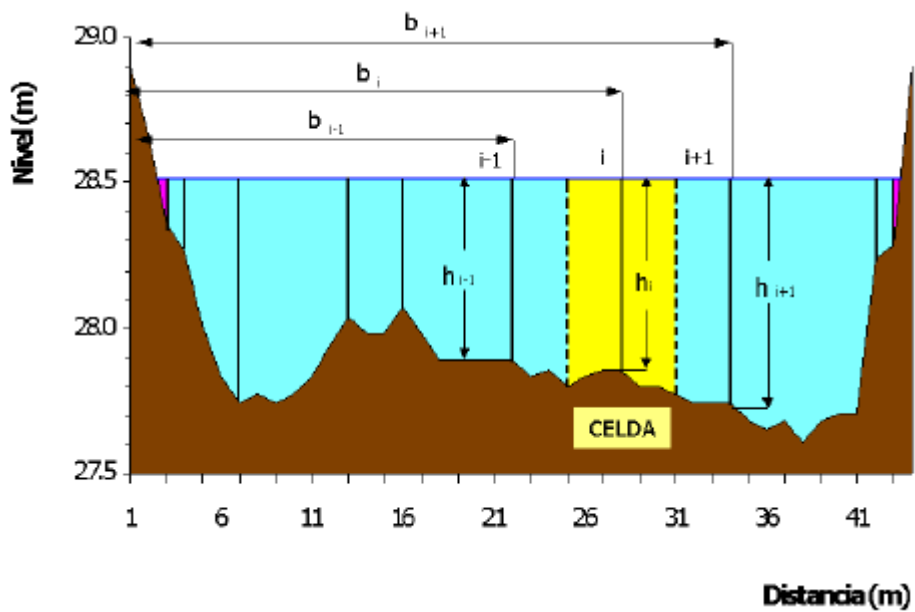


Figura 62. Aforo mediante el método celda centrada

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

El caudal observado ( $Q^{obs}$ ) de la sección será la suma del caudal de todas

las "n" celdas:  $Q^{obs} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i$

#### 4.2.3 Descripción de Atributos

El número de atributos usados por el programa PHABSIM, se limita al sustrato y/o cobertura, dada la limitación de la disponibilidad de las curvas de preferencia y recursos disponibles.

#### 4.2.3.1 Sustrato

Es el tipo de material del lecho del cuerpo de agua, su granulometría y grado de recubrimiento por finos. La clasificación usada es la siguiente:

Tabla 32. Clasificación del material del lecho para modelaciones eco-hidráulicas

Código	Tipo de sustrato	Tamaño (mm)
01	Restos orgánicos	-
02	Plantas vasculares	-
03	Perifiton	-
04	Arcilla	0.00024 - 0.004
05	Limo	0.004 - 0.062
06	Arena	0.062 - 2
07	Grava muy fina	2 - 4
08	Grava fina	4 - 8
09	Grava media	8 - 16
10	Grava gruesa	16 - 32
11	Grava muy gruesa	32 - 64
12	Guijarros pequeños	64 - 128
13	Guijarros grandes	128 - 256
14	Bloques pequeños	256 - 512
15	Bloques medianos	512 - 1024
16	Bloques grandes	> 1024
17	Roca llana fragmentada	-
18	Roca llana fragmentada	-
19	Roca inclinada no fragmentada	-
20	Roca inclinada fragmentada	-

Fuente: Bovee, 1986

#### 4.2.3.2 Cobertura

Es un componente indeterminado en el hábitat fluvial, y cuya evaluación es subjetiva y exige un buen sentido común, experiencia y conocimiento de las especies.

### 4.3 SIMULACIÓN HIDRÁULICA

El objetivo principal de la simulación hidráulica es caracterizar las variables físicas de la corriente (velocidad, profundidad, sustrato y/o cobertura, etc.) para un rango definido de caudales simulados; las recomendaciones finales de las relaciones entre e SPU y los caudales circundantes pueden ser muy diferentes según el modelo hidráulico empleado; siendo este uno de los aspectos más controvertidos de un estudio de metodología IFIM.

La modelación hidráulica convencional de PHABSIM utiliza métodos estadísticos modelos hidráulicos en una dimensión (1D), que consideran el intercambio de momento en la dirección de la corriente. Las fases son las siguientes:

1. Se calcula el Nivel de la Superficie Libre (NSL) generado por cada uno de los caudales simulados;
2. Se calcula la Velocidad Media en cada celda para esos mismos caudales, a partir de su profundidad respecto al NSL correspondiente

#### **4.3.1 Simulación de los Niveles de Superficie Libre (NSL)**

Se predicen los NSL suponiendo un régimen permanente en el tramo, ya sea uniforme gradualmente variado. Existen cuatro procedimientos generales para obtener la curva de calibración de cada sección transversal, misma que se utilizará para la simulación del hábitat:

1. Consultar estudios hidráulicos previos del tramo
2. Manejar estaciones de aforo o secciones aforadas
3. Utilizar modelos hidráulicos de los programas que informatizan  
PHABSIM1D
4. Recurrir a otros modelos hidráulicos en una dimensión alternativos:  
HEC-RAS, WSPRO, MIKE, Flowmaster, otros



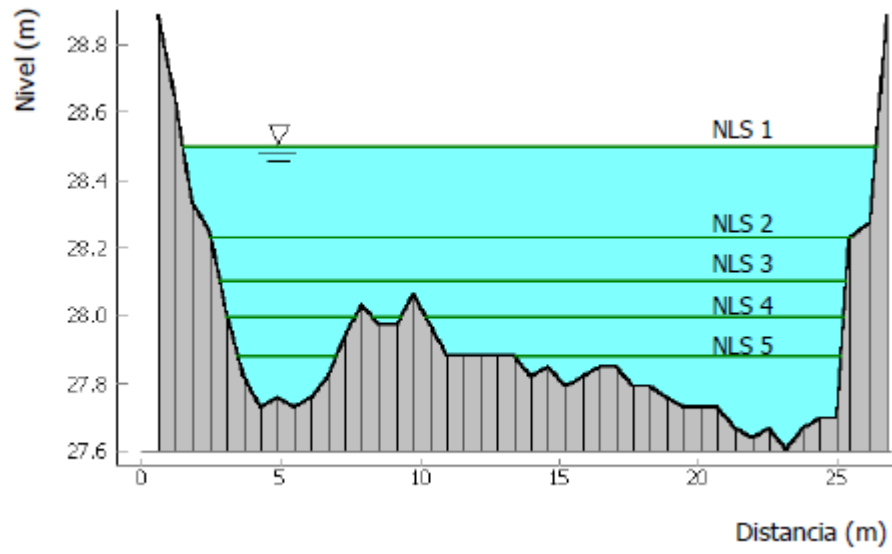


Figura 63. Simulación de Niveles de Superficie Libre (NSL) en una sección

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

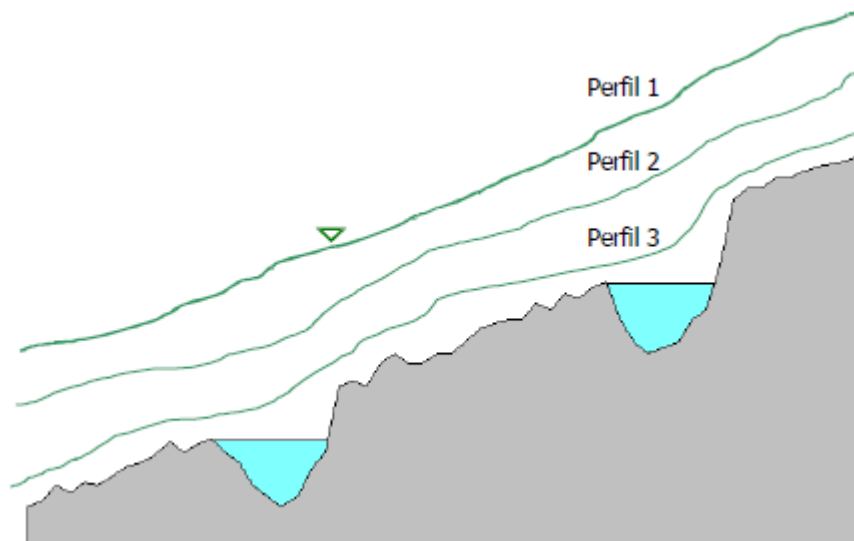


Figura 64. Simulación de perfiles hidráulicos en un tramo

Fuente: J. M. Díez, “Caudales Ecológicos” - CATHALAC 2010

La versión oficial del PHABSIM reúne los siguientes tres modelos hidráulicos:

#### 4.3.1.1 STGQ

La curva de gasto de cada sección se obtiene a partir del ajuste de regresión potencial (método de mínimos cuadrados) entre los valores observados de los niveles de superficie libre (NSL), y los caudales.

El PHABSIM incorpora una opción que utilizar los caudales observados en lugar de su mejor estimación, ya que a menudo los caudales

observados en los diferentes meso-hábitats de un mismo tramo en régimen permanente difieren apreciablemente.

$$NSL - NCC = a \times Q^b$$

Donde:

- a y b = Coeficientes de Ajuste
- NCC = Nivel de Caudal Cero

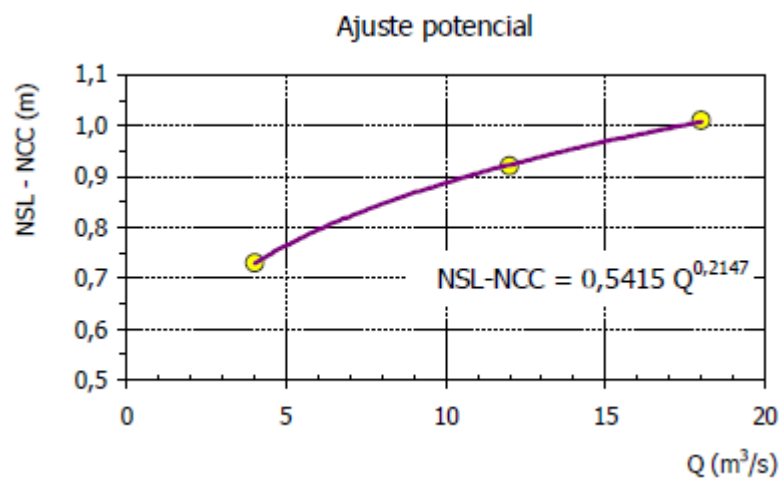


Figura 65. Calibración del Modelo STGQ

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

#### 4.3.1.2 MANSQ

Utiliza la combinación de las fórmulas de continuidad de Manning o de Chézy en cada sección, con un régimen permanente y uniforme. Donde el coeficiente de rugosidad de Manning de una corriente natural generalmente no es constante, sino que varía con el caudal aproximadamente de forma potencia, determinándose cambios drásticos en caudales bajos, y variaciones mínimas en caudales elevados

$$Q = \frac{1}{n_s} \times Rh^{2/3} \times Sm \sqrt{S_o}$$

Dónde:

- Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)
- n<sub>s</sub> = Coeficiente de rugosidad de Manning, cuas dimensiones son m<sup>1/6</sup> (Chen, 1998)
- Rh = Radio Hidráulico (m)
- S<sub>o</sub> = Pendiente del Lecho
- S<sub>e</sub> = Pendiente de Energía (m/m)
- Sm = Superficie Mojada (m<sup>2</sup>)

El modelo hidráulico MANSQ utiliza al término  $(1/ns) S_o \frac{1}{2}$ , denominado Factor de Transporte (FT), que también varía de forma potencial con el caudal circundante.

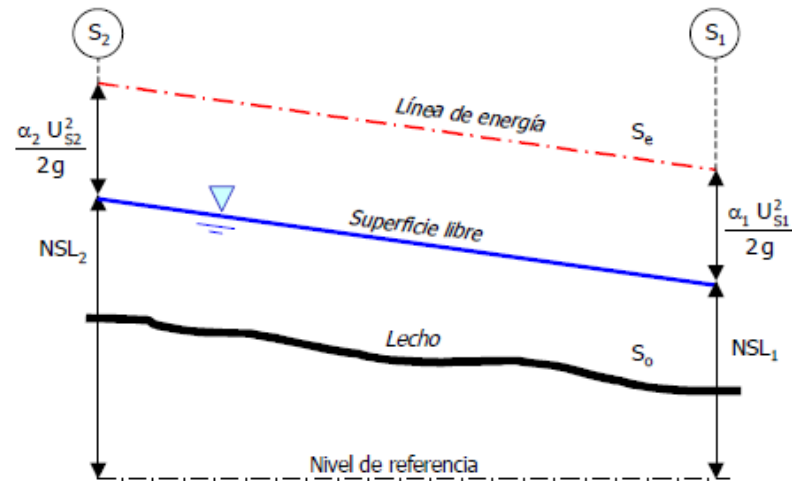


Figura 66. Representación Gráfica del Flujo Uniforme entre dos secciones

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

#### 4.3.1.3 WSP

El método Water Surface Profile (WSL) o "Paso Estándar" se aplica generalmente en tramos, con un régimen permanente y gradualmente variado sub-crítico. Este método deduce el NSL entre dos secciones contiguas mediante un procedimiento iterativo, en el que conocidos el SNL de la sección de control, los coeficientes de rugosidad de Manning

se van dando valores tentativos del NSL en la otra sección hasta que se cumpla la Ecuación de Conservación de Energía (ECE) entre ambas.

La ECE establece que entre dos secciones debe cumplirse lo siguiente:

$$Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{U_{s2}^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{U_{s1}^2}{2g} + \Delta E_T$$

Donde:

- $Z_i$  = Cota del “talweg” de la sección “i” respecto a un nivel de referencia (m)
- $Y_i$  = Profundidad máxima de la sección “i” (m)
- $\alpha_i$  = Coeficiente de energía de la sección “i”
- $U_{s_i}$  = Velocidad media de la sección “i” (m/s)
- $\Delta E_T$  = Pérdida de energía total entre las dos secciones (m.c.a),  
Incluye la pérdida de energía continua (fricción), y singular  
(estrechamiento/ensanchamiento del cauce)

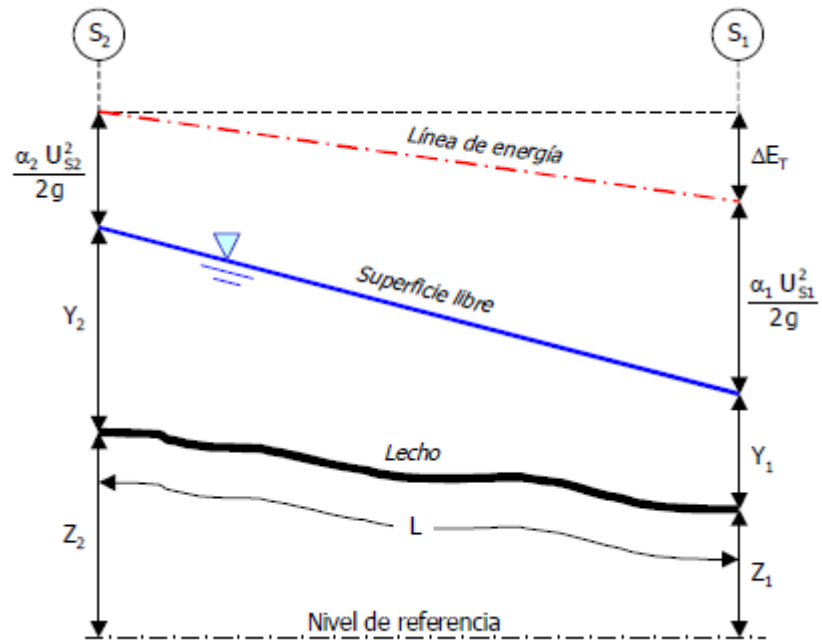


Figura 67. Representación de los términos de la ECE entre dos secciones

Fuente: J. M. Díez, “Caudales Ecológicos” - CATHALAC 2010

#### 4.3.2 Simulación de las Velocidades Medias de Cada Celda

Se obtiene la velocidad media en cada celda manejando la sección transversal como una sección compuesta, suponiendo que el flujo en cada celda es uniforme.

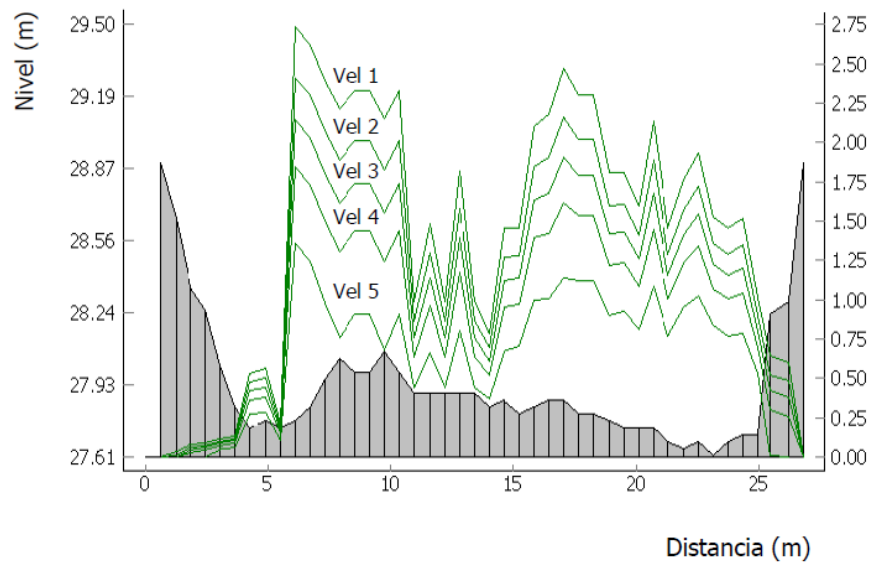


Figura 68. Simulación de las Velocidades Medias Ajustadas

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

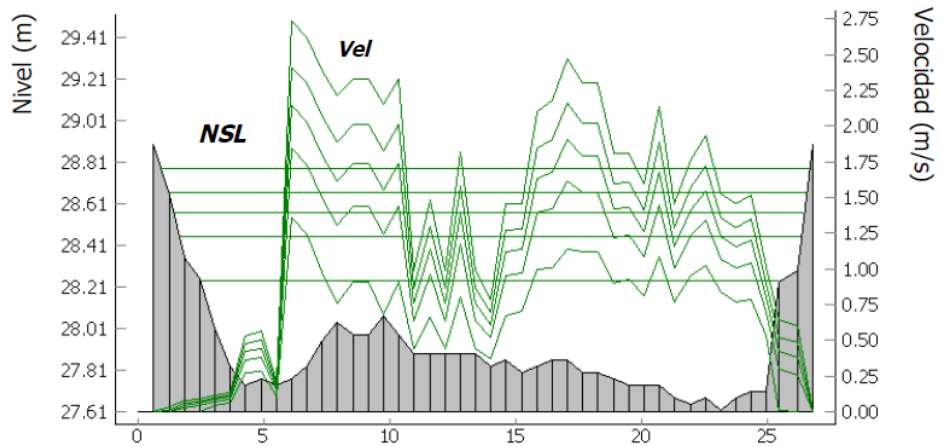


Figura 69. Resultado de Simulación hidráulica PHABSIM en una sección

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010



El PHABSIM maneja tres modelos diferentes en función del número de perfiles de velocidades medidos en campo:

#### 4.3.2.1 1-Vel

Es aplicado cuando se disponen sólo de un perfil observado de velocidades, y utiliza la fórmula de Manning en cada celda, con un régimen permanente y uniforme. Se maneja con la siguiente expresión:

$$U_c = \frac{1}{n_c} \times h_c^{2/3} \times \sqrt{S_o}$$

Donde:

- $U_c$  = Velocidad media en la celda (m/s)
- $n_c$  = Coeficiente de rugosidad de Manning de la celda ( $m^{1/6}$ )
- $h_c$  = Profundidad de la celda (m)
- $S_o$  = Pendiente del lecho (m/m)

A partir de ello se calculan el coeficiente de rugosidad de cada celda a partir de los datos observados:

$$n_c = \frac{1}{U_c^{obs}} \times (h_c^{obs})^{2/3} \times \sqrt{S_o}$$

Dónde:

- $n_c$  = Coeficiente de rugosidad de Manning de la celda ( $m^{1/6}$ )
- $U_c^{Obs}$  = Velocidad media observada en la celda (m/s)
- $h_c^{Obs}$  = Profundidad de la celda observada (m)
- $S_o$  = Pendiente del lecho (m/m)

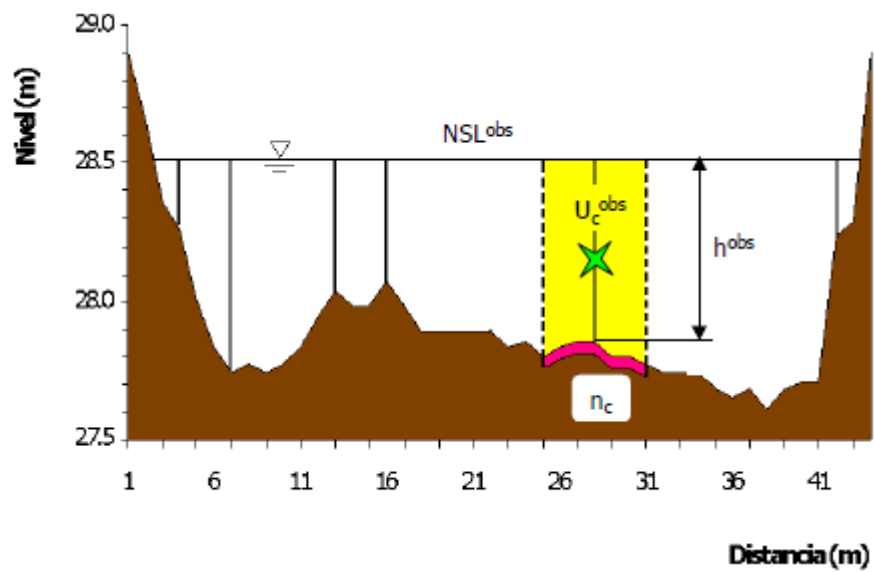


Figura 70. Determinación del Coeficiente de Rugosidad de una celda

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

Posteriormente se procede a calcular las velocidades para los caudales simulados:

$$U_c^{Sim} = \frac{1}{n_c} \times (h_c^{Sim})^{2/3} \times \sqrt{S_o}$$

Dónde:

- $n_c$  = Coeficiente de rugosidad de Manning de la celda ( $m^{1/6}$ )
- $U_c^{Sim}$  = Velocidad media en la celda (m/s)
- $h_c^{Sim}$  = Profundidad de la celda (m)
- $S_o$  = Pendiente del lecho (m/m)

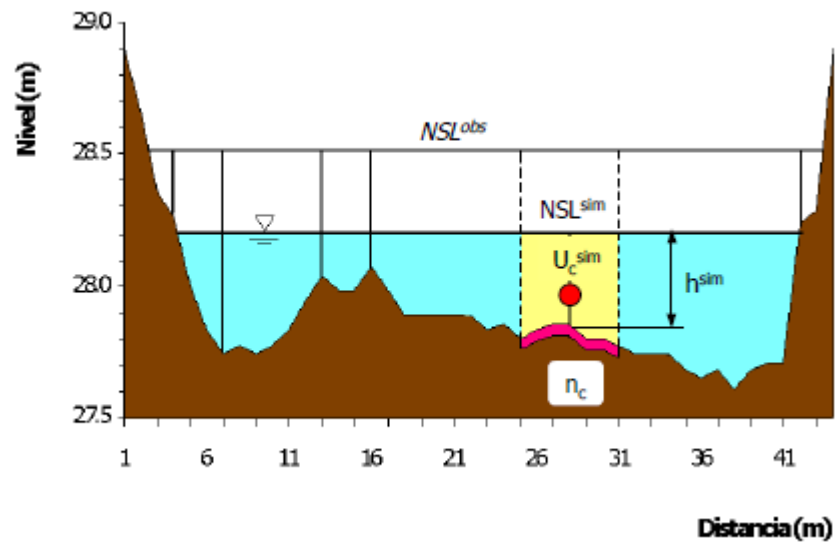


Figura 71. Simulación de la velocidad media en una celda

Fuente: J. M. Diez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

#### 4.3.2.2 3-Vel

Cuando se tengan dos o más velocidades medias observadas en cada celda, se podrá utilizar también el modelo anterior, o bien el modelo 3-

Vel de calibración con regresión que establece una regresión potencial para cada celda entre sus velocidades medias ( $U_c$ ), y el caudal de la sección ( $Q$ ).

$$U_c = c \times Q^d$$

Dónde:

- $c$  y  $d$  = Coeficientes de ajuste

#### **4.3.2.3 No-Vel**

Este modelo es usado cuando no se dispone de ningún perfil; para ello se aplica la fórmula 1-vel, pero se fija previamente el coeficiente de rugosidad de Manning de cada celda.

## **4.4 CURVAS DE PREFERENCIA**

### **4.4.1 Curvas de Preferencia**

Se supone que cualquier organismo tiende a ocupar los micro-hábitats más favorables y rechaza los desfavorables, si bien algunos individuos también pueden ocupar micro-hábitats menos favorables, siempre suelen

abandonarlos antes de que las condiciones resulten letales (Bovee y Cochnauer, 1977).

Para simplificar la elección de las especies objetivo, algunos autores plantean el empleo de gremios (Schlosser, 1983; Orth, 1987; Addland, 1989), grupos formados por varias especies que aprovechan el mismo tipo de recursos medioambientales de igual manera, y cuyo hábitat se identifica probablemente de forma óptima, mediante las variables velocidad y profundidad (Addland, 1993); o en su defecto establecen las preferencias de la especie más vulnerable a las variaciones de caudal (Orth, 1987).

En base a ello, y de acuerdo a la información de la (s) especie (s) estudiadas, se determinan las condiciones ideales de cada una en sus distintos estadios de vida; estas variables suelen ser: velocidad, profundidad y sustrato (aunque existen otras como: cobertura y temperatura); y representan el grado de adecuación de un organismo respecto a los parámetros que determinan su hábitat físico.

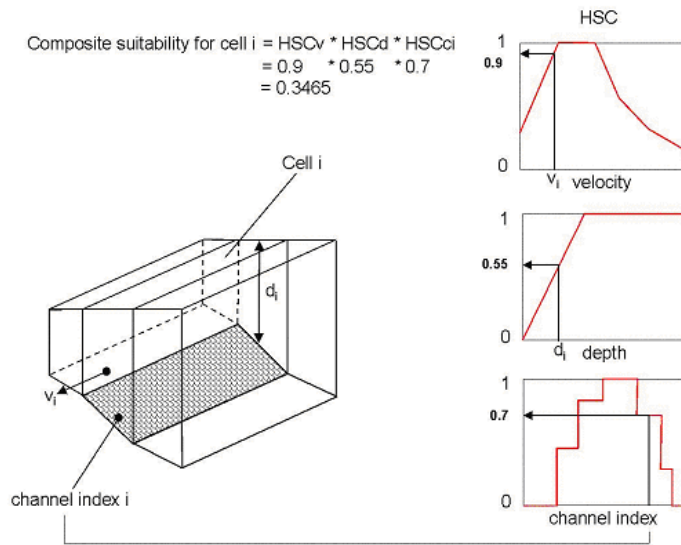


Figura 72. Atributos de Variables del Hábitat en una celda

Fuente: <http://www.fort.usgs.gov>

#### 4.5 CALCULO DEL HÁBITAT ACUÁTICO

Una vez obtenidos los cálculos de la simulación hidráulica (velocidades y NSL), se usan las curvas de preferencia para establecer una relación entre el caudal circundante y el hábitat físico generado, resultando el “Weighted Usuable Area (WUA)”.

La calidad del micro-hábitat se deduce a través del Índice de Conformidad Ponderado (ICP) se calcula por varios métodos, entre estos:

1. Multiplicativo

Considera un efecto sinérgico, donde el hábitat óptimo es aquel en el que todas las variables son óptimas, calculándose de la siguiente manera:

$$ICP_i = ICp_i \times ICv_i \times ICs_i$$

Dónde:

- $ICP_i$  = Índice de conformidad ponderado para la celda "i"
- $ICp_i$  = Índice de conformidad ponderado para la profundidad
- $ICv_i$  = Índice de conformidad ponderado para la velocidad
- $ICs_i$  = Índice de conformidad ponderado para el sustrato

## 2. Media Geométrica

Presupone un efecto compensador, ya que si dos de las variables tienen valores cercanos al óptimo, la tercera variable tiene menor influencia (a menos que sea cero)

$$ICP_i = (ICp_i \times ICv_i \times ICs_i)^{1/3}$$

## 3. Valor Mínimo

Supone que el hábitat disponible es limitado por la peor variable

$$ICP_i = \text{MIN}(ICp_i, ICv_i, ICs_i)$$

#### 4. Ponderación Variable

El programa RHABSIM 2.2 (TRPA, 2001) incorpora este nuevo método, que utilizar diferentes pesos en cada variable

$$ICP_i = (ICp_i \times A + ICv_i \times B + ICs_i \times C) / (A + B + C)$$

Donde:

- A, B, C= Son los pesos designados, que pueden variar en cada estudio

De lo antes indicado, es importante mencionar que el software PHABSIM reúne los cuatro modelos de ICP señalados, y los enfoca para la para solución de problemas en los ríos regulados: HABTAE, HABTAV, HABTAM y HABEF. Las diferencias de los diferentes modelos del programa PHABSIM se detallan a continuación:

Tabla 33. Descripción de Modelos de Hábitats

Model	Use when these habitat	Distinctive options	Other
-------	------------------------	---------------------	-------



	results are desired		comments
<b>HABTAE</b>	Weighted Usable Area	Computes WUV and WUBA	This program has the most available options for velocity-related habitat simulations
	Weighted Usable Volume	Prints composite suitability tables	
	Weighted Usable Bed Area	Calculates usable area	
	Usable Habitat	Computes minimum contiguous width	
	Minimum contiguous width	Computes minimum composite suitability factor	
	Minimum combined suitability	Different velocity calculations for different life stages	
	Life stage dependent velocity	Scans velocities in adjacent cells	
	Nose velocities or shear stress	Scans for minimum habitat velocity in adjacent cells	
	Fish can prefer different		

	velocities spatially		
	Conditional velocity gradients		
<b>AVDEPTH/</b>	Hydraulic parameter	Produces hydraulic properties information by cross section or reach	
<b>AVPERM</b>	based evaluations		
<b>HABTAM</b>	Show how rapid fluctuations in flow limit fish habitat	Computes and prints migration analyses	Limited velocity simulation options
	Lateral migration based on velocity simulations		
<b>HABEF</b>	Effective habitat modeling	Flow to flow comparisons on a cell by cell basis	Requires HABTAE or
	Competition analysis	Life stage versus life stage comparisons performed on a cell-by-cell basis	HABTAM results for analyses.
	Effective spawning	Though this program	(User selects

		performs cell by cell calculations, output is for entire reach.	model.)
	Ramping rate analysis		

Fuente: <http://www.fort.usgs.gov>

#### 4.5.1 HABTAE

Para el presente estudio se uso el enfoque HABTAE que es apropiado para describir el comportamiento de organismos móviles bajo un caudal constante o con variaciones graduales. Calcula el micro-hábitat como Superficie Ponderada Útil SPU (o Weighted Usable Area WUA), Superficie del Lecho Ponderada Útil SLPU (o Weighted Usable Bed Area WUBA), o Volumen Ponderado Útil VPU (o Weighted Usable Volume WUV). Este modelo emplea el método de la celda central y puede utilizar la velocidad media de la celda o la velocidad focal

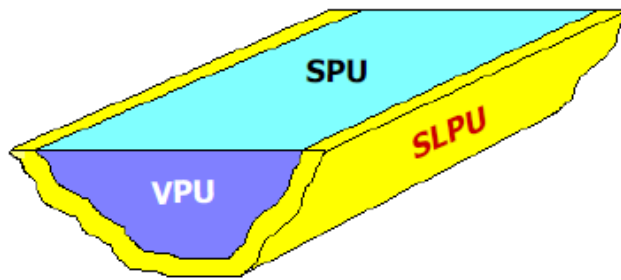


Figura 73. Tipos de Micro-hábitat calculados por el HABTAE

Fuente: J. M. Díez, "Caudales Ecológicos" - CATHALAC 2010

#### 4.6 RESULTADOS MODELAMIENTO PHABSIM - HABTAE

Primeramente se crea un nuevo proyecto (File – New Project), donde se especifican las principales características del mismo:

- **Project folder name:** Nombre del archivo
- **Location:** Ubicación de los archivos
- **Project description:** Descripción de las características del proyecto
- **Units:** Unidades del Sistema Métrico o Inglés

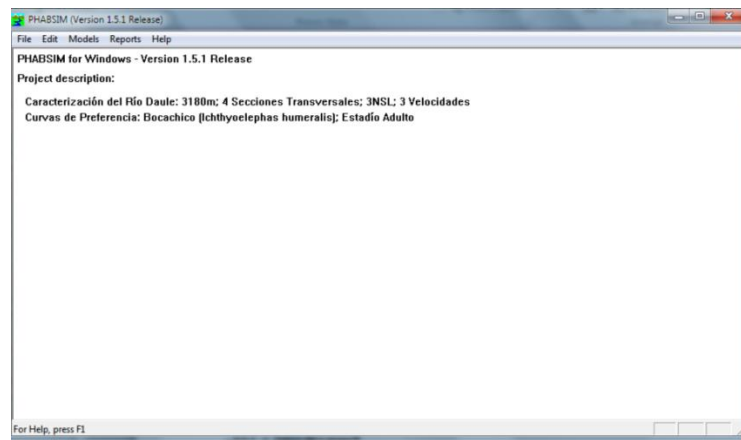
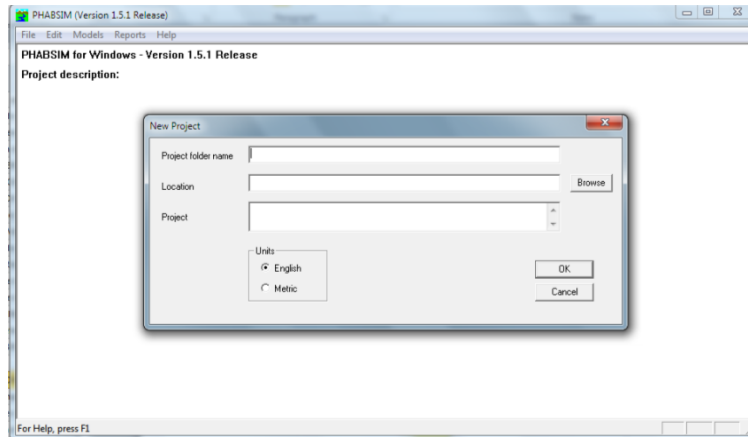


Figura 74. Creación de Nuevo Proyecto

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.1 Datos de Campo

Para las secciones transversales, dentro de la planificación del trabajo de campo, se consideró una distancia entre cada punto de aproximadamente 15m, tomando en cuenta que el micro-hábitat de cada celda debe ser del 5

al 10% del hábitat total, la metodología aplicada se indica en el numeral 3.1.5.5 del Capítulo 3 de presente estudio.

Para la incorporación de los datos en el software se lo hace en el comando Edit - Cross Section, posteriormente se ingresa la siguiente información:

- **ID:** Identificación de la sección transversal
- **Length:** Distancia de la sección a la previa abajo (m)
- **Upstream WF (Weighting Factor):** Factor de ponderación entre las secciones (proporción de una sección del sub-tramo fluvial comprendida entre esta y la sección contigua aguas arriba)
- **Left Bank WF y Right Bank RF:** Factor de ponderación de cada orilla, usado cuando el trazado del sub-tramo fluvial entre dos secciones es curvado significativamente.
- **SZF (Stage of Zero Flow):** Correspondiente a la cota mínima
- **N:** Coeficiente de Rugosidad de Manning (Se consideró  $N=0,03$  para Canales Naturales limpios, orillas rectas, fondo uniforme, y altura de lamina de agua suficiente)
- **Slope:** Pendiente hidráulica (m/m)

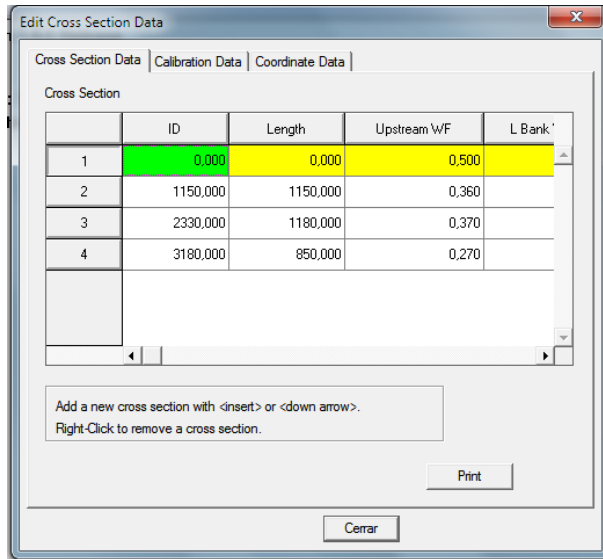


Figura 75. Ingreso de Información General de cada Sección Transversal

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

Posteriormente, se procede a ingresar información para el ajuste y calibración de los caudales:

- **Left WSL (Water Surface Level):** Nivel de agua en orilla izquierda de la sección (m)
- **Right WSL:** Nivel de agua en orilla derecha de la sección (m)
- **User WSL:** Nivel de agua medio en la sección (m)
- **Best Est Q (Best Estimation of Discharge):** Mejor estimación del caudal circundante en cada sección

- **Xsec Q:** Aforo del caudal de la sección calculado mediante el método velocidad-área con los registros del flujómetro

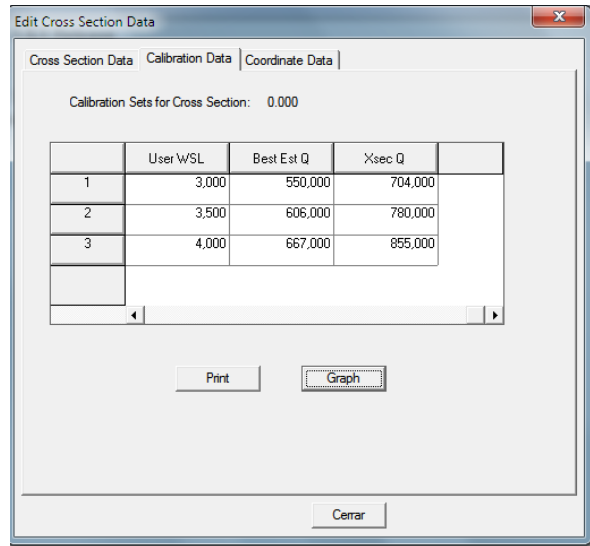
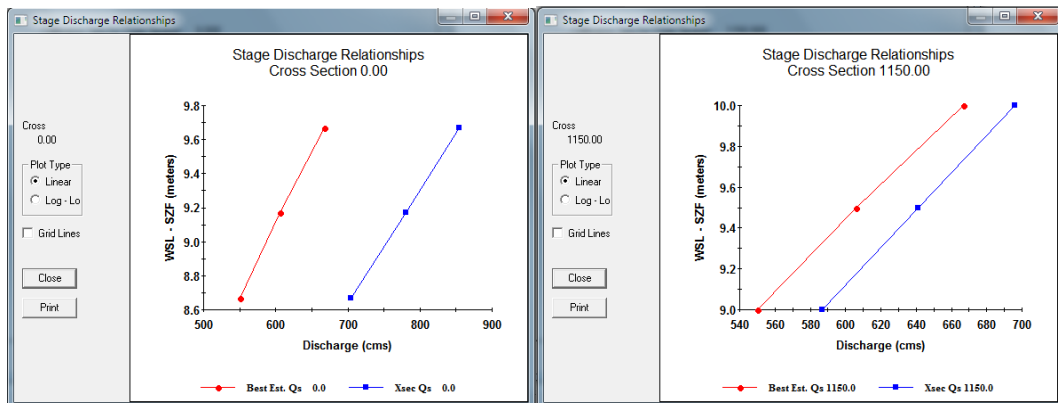


Figura 76. Calibración de Caudales de cada Sección Transversal

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012





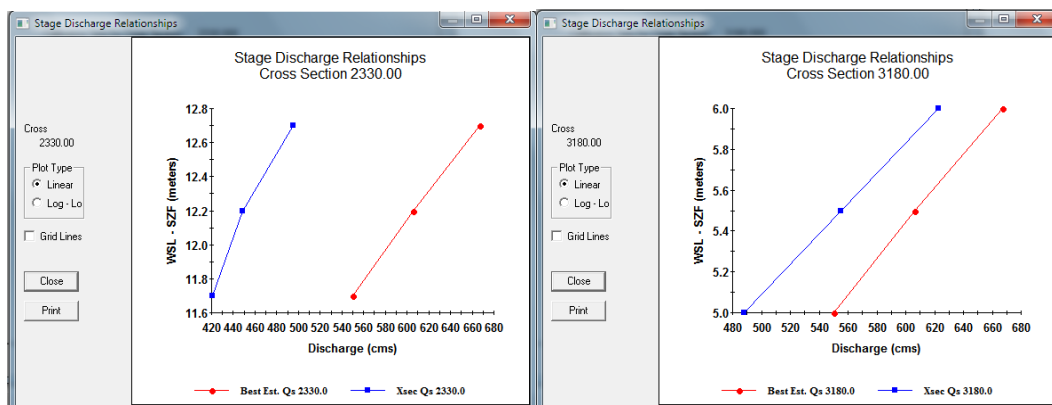


Figura 77. Resultados de Calibración Secciones Transversales

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

Finalmente se procede a ingresar información topográfica e hidrométrica de cada una de las secciones:

- **X:** Coordenada horizontal
- **Z:** Coordenada vertical (profundidad)
- **Y:** Coordenada longitudinal (identificada por el ID de cada sección transversal)
- **CI “Channel Index”:** Material del Lecho (Arena - Código 6 de la Clasificación del material de Lecho para modelaciones eco-hidráulicas, Bovee 1986)

- **N:** Coeficiente de Rugosidad de Manning (Se consideró  $N=0,03$  para Canales Naturales limpios, orillas rectas, fondo uniforme, y altura de lámina de agua suficiente)
- **Vel@:** Velocidad media medida en la vertical topográfica para cada caudal registrado: bajo, medio y alto.

	X	Y	Z	Cl
1	0,000	0,000	7,000	
2	3,200	0,000	6,000	
3	11,200	0,000	5,800	
4	26,740	0,000	5,800	
5	46,830	0,000	4,000	
6	61,880	0,000	2,000	
7	80,130	0,000	1,200	
8	101,090	0,000	0,320	

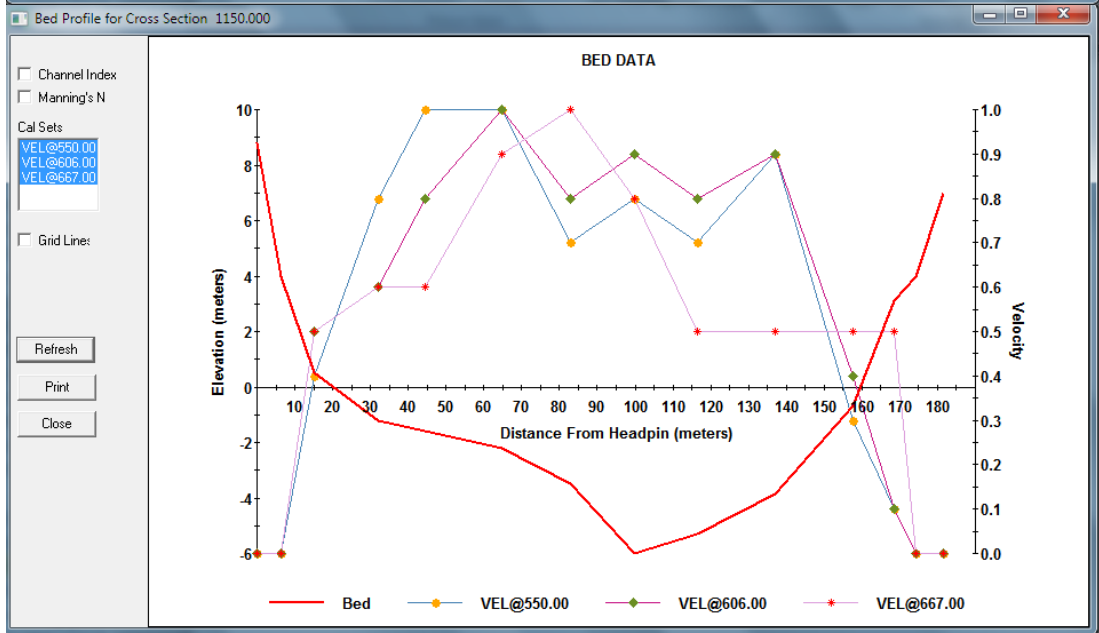
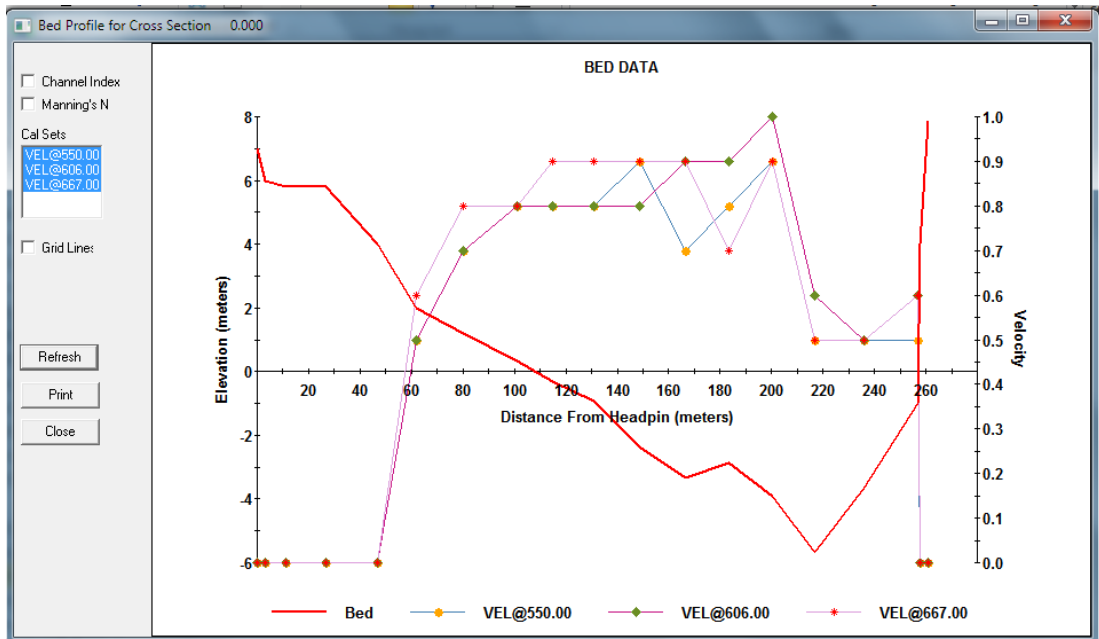
Figura 78. Ingreso de Información de Velocidades y Atributos de cada Sección

Transversal

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

Los resultados del perfil batimétrico y velocidades medidas en cada sección son las siguientes:



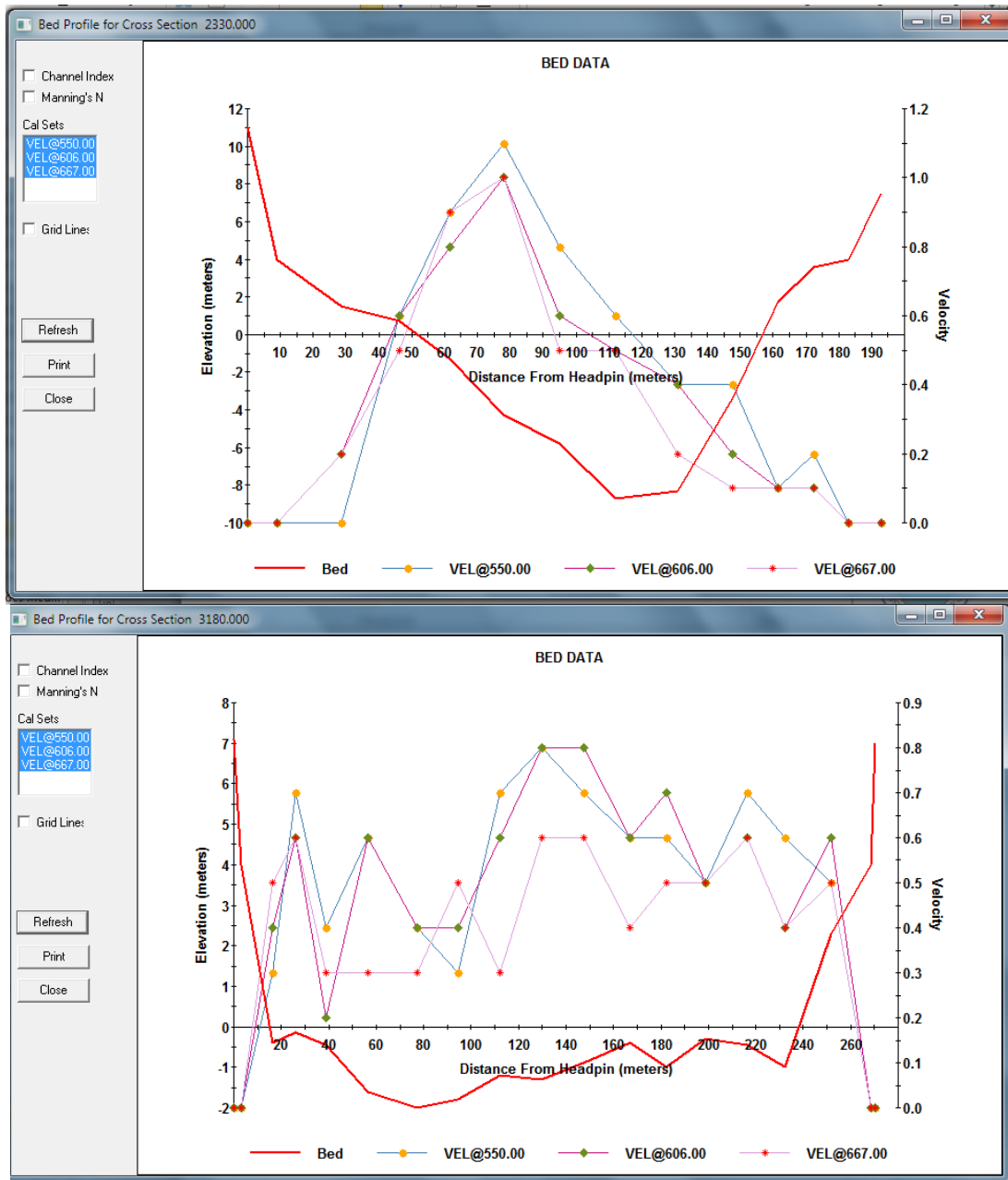


Figura 79. Resultados de Velocidades Observadas Secciones Transversales

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.2 Curvas de Preferencia

En base a la información obtenida de las encuestas realizadas e información bibliográfica obtenida, se procedió a incluir las preferencias bióticas de la especie de estudio “**Bocachico**” (*Ichthyoelephas humeralis*), dentro del comando Edit - Suitability Curves.

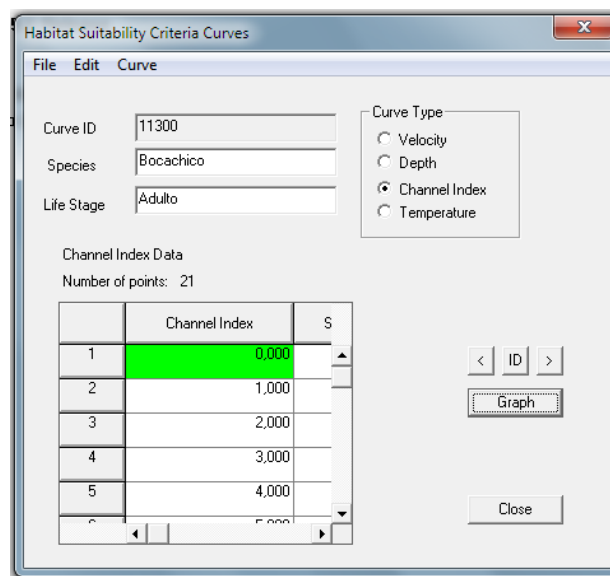


Figura 80. Ingreso de Información de Preferencias Bióticas

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

##### 4.6.2.1 Profundidad

La profundidad preferencial para el Bocachico se encuentra entre los 2 a 3 metros de profundidad

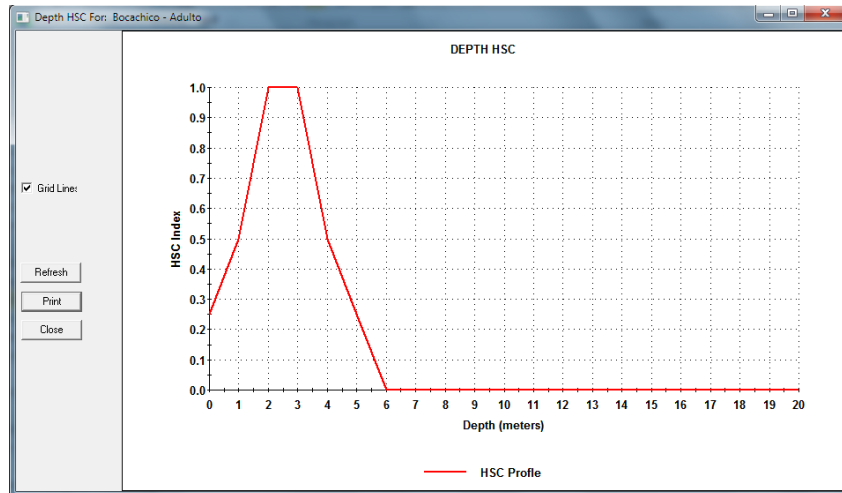


Figura 81. Preferencias Bióticas Bocachico - Profundidad

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.2.2 Velocidad

De acuerdo a lo recabado en las encuestas y tomando en consideración las velocidades del río, el las velocidades medias preferenciales para el Bocachico se encuentran entre los 0,50 y 0,70 m/s.

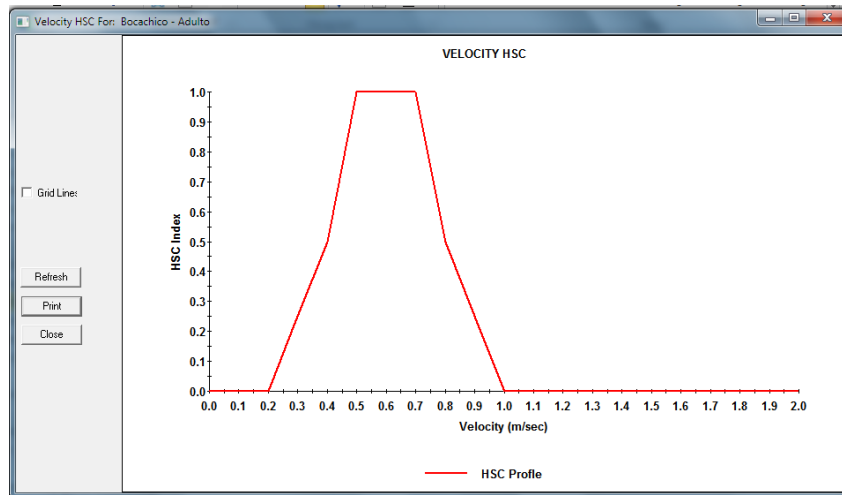


Figura 82. Preferencias Bióticas Bocachico - Velocidad

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.2.3 Sustrato

En lo que respecta al sustrato, la zona se caracteriza por poseer arena en un gran porcentaje (Mayor al 90%). De acuerdo a la Clasificación del material de Lecho para modelaciones eco-hidráulicas, Bovee 1986; el sustrato **Arena** se representa con el Código 6.

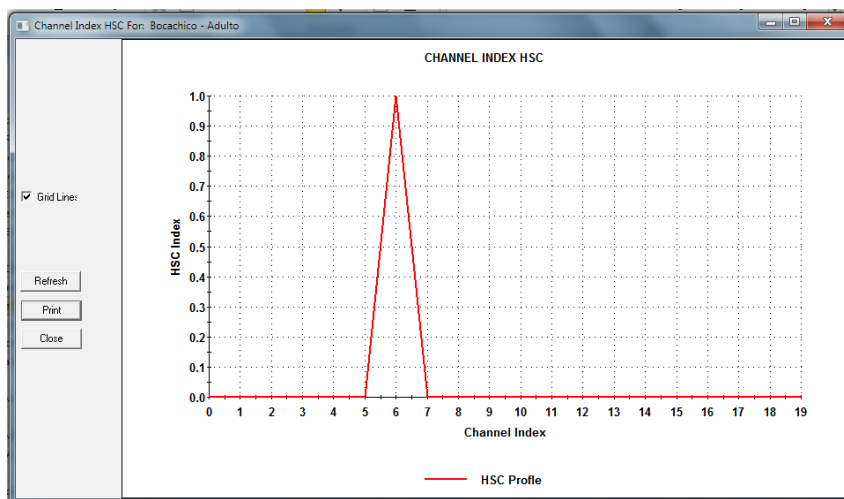


Figura 83. Preferencias Bióticas Bocachico - Sustrato

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.3 Simulación Hidráulica

Una vez que los caudales observados se encuentran calibrados, se procede a ingresar los caudales para de interés (simulados); se lo realiza en el Comando Edit – Discharges. Los caudales de interés son los siguientes:

Tabla 34. Caudales de Interés

Caudal (m3/s)	Tipo de Caudal	Observación
*15,00	Simulado (sim)	Caudal Mínimo



		(Crítico)
50,00	Simulado (sim)	
100,00	Simulado (sim)	
150,00	Simulado (sim)	
200,00	Simulado (sim)	
250,00	Simulado (sim)	
300,00	Simulado (sim)	
350,00	Simulado (sim)	
400,00	Simulado (sim)	
450,00	Simulado (sim)	
500,00	Simulado (sim)	
<b>550,00</b>	<b>Calibración</b> <b>(cal)</b>	
600,00	Simulado  (sim)m	
<b>606,00</b>	<b>Calibración</b> <b>(cal)</b>	

650,00	Simulado (sim)	
<b>667,00</b>	<b>Calibración</b> <b>(cal)</b>	
700,00	Simulado (sim)	
750,00	Simulado (sim)	
800,00	Simulado (sim)	
850,00	Simulado (sim)	
900,00	Simulado (sim)	
1000,00	Simulado (sim)	
1500,00	Simulado (sim)	
*2000,00	Simulado (sim)	Caudal Máximo  (Crítico)

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

\*Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A., Junio- Julio

2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suarez Changuán)

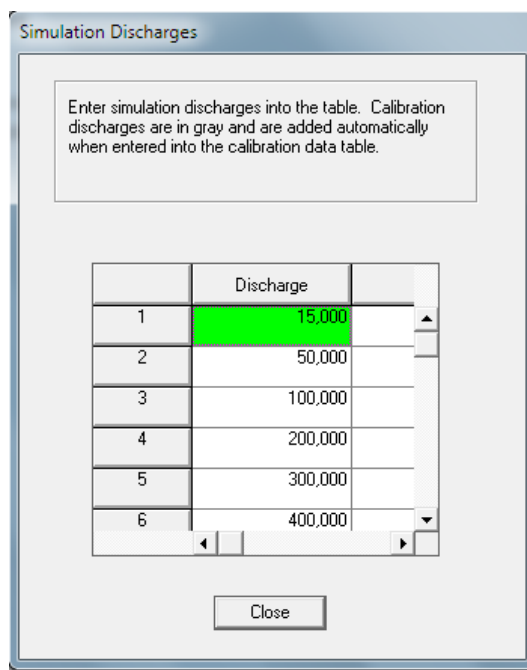


Figura 84. Introducción de Caudales de Interés

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.3.1 Niveles de Superficie Libre

Para modelar los Niveles de Superficie libre se ingresa en Model – WSL; para el presente proyecto se uso el modelo STGQ (Stage-Discharge); empleando la mejor estimación del caudal (BestEstQ). Se corrió el modelo WSL y posteriormente se procedió a determinar el nivel de calibración del mismo.

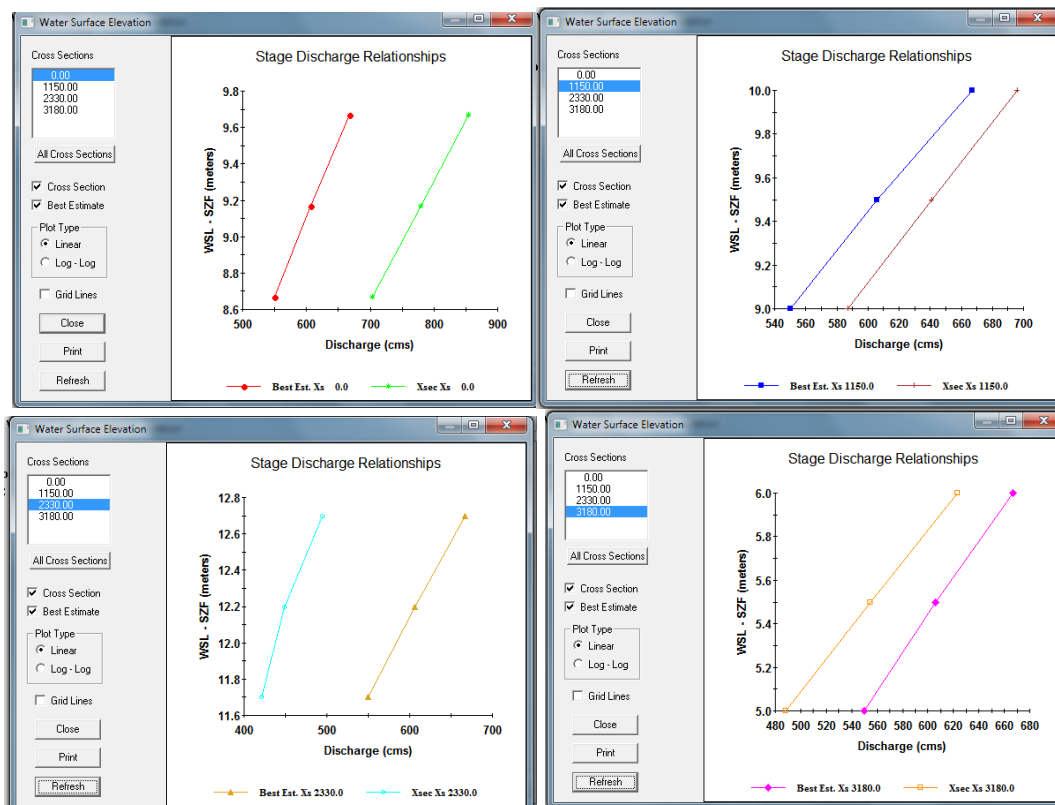


Figura 85. Relación del Estado de los Caudales para cada Sección Transversal

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

Se realiza la verificación mediante la calibración de Longitudinal del WSL

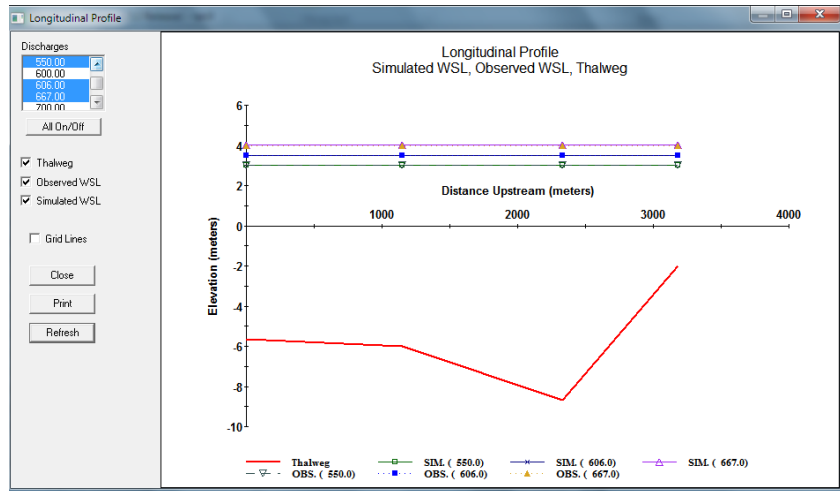
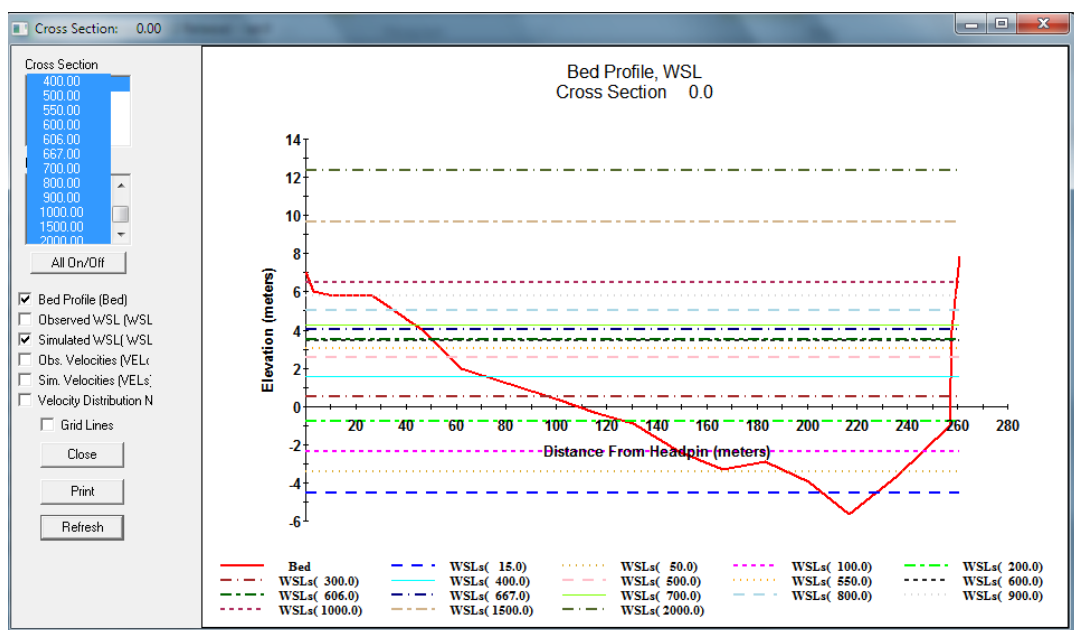


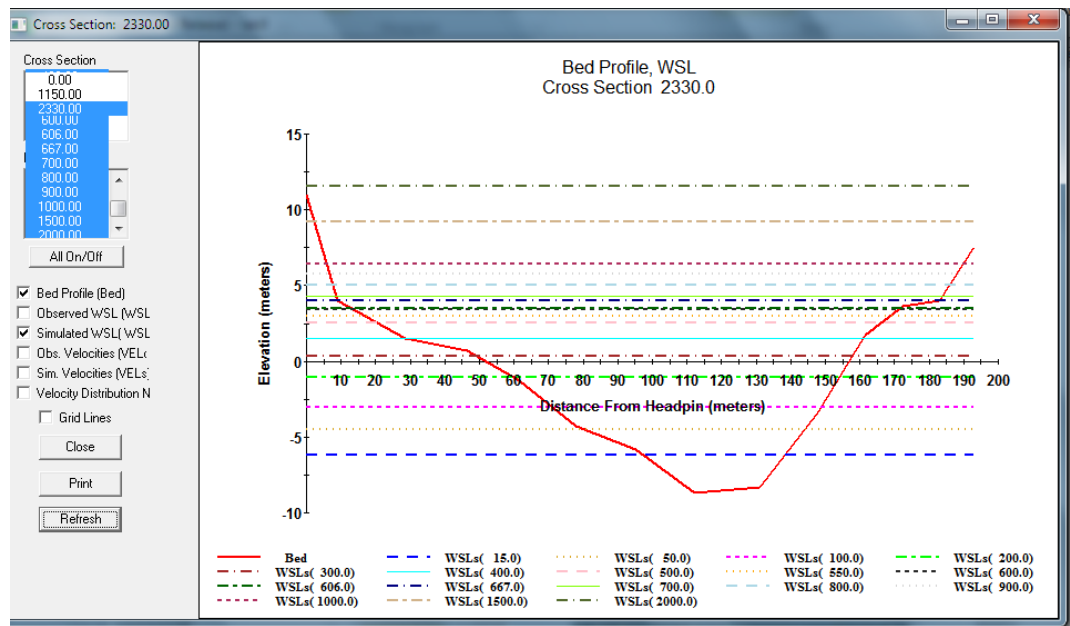
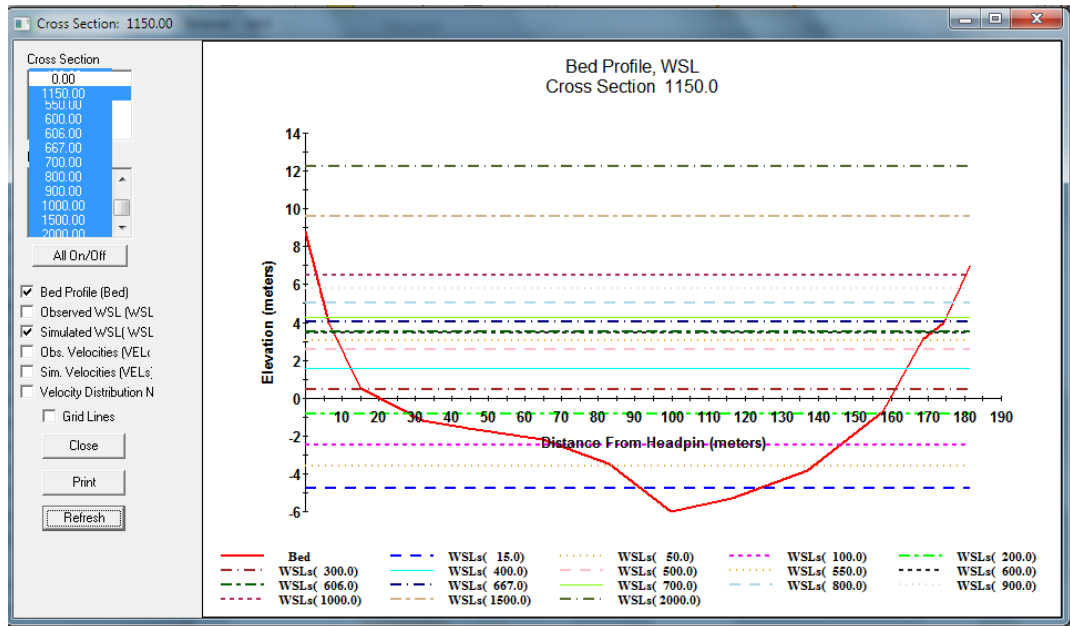
Figura 86. Resultados de Calibración WSL

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

Los resultados de la simulación de los Niveles de Superficie libre, son los siguientes:





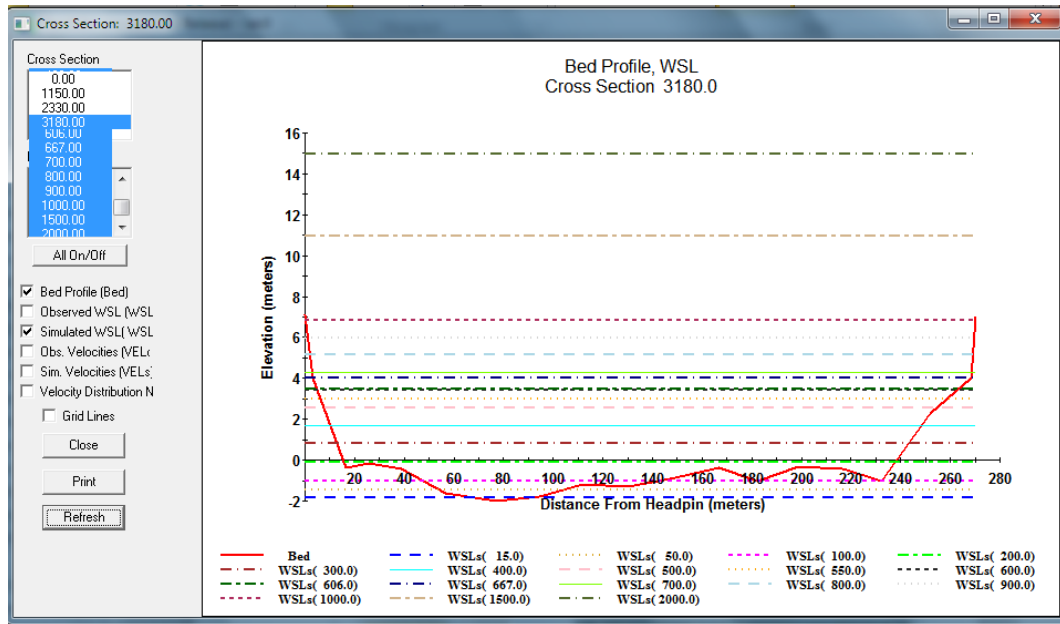


Figura 87. Resultados de WSL Simuladas

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.3.2 Velocidades Medias

Se ingresa en el comando Model – Velocity, donde se procede a correr el modelo de Velocidad para todos los tramos de las secciones transversales.

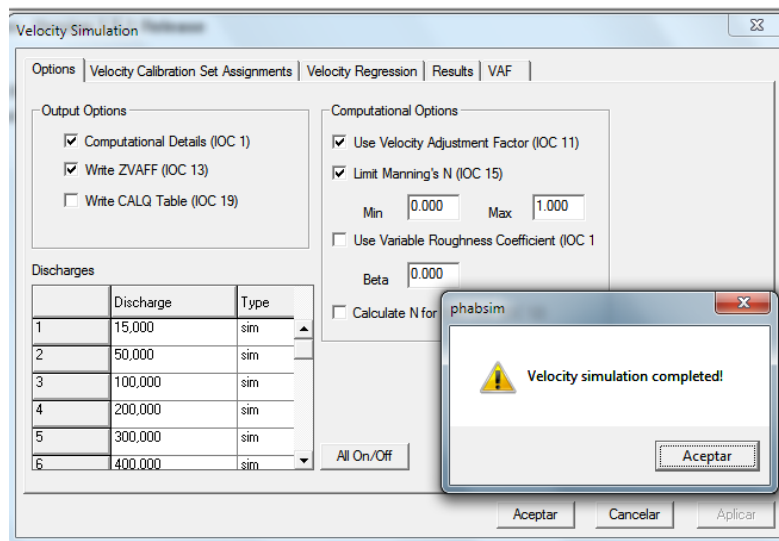
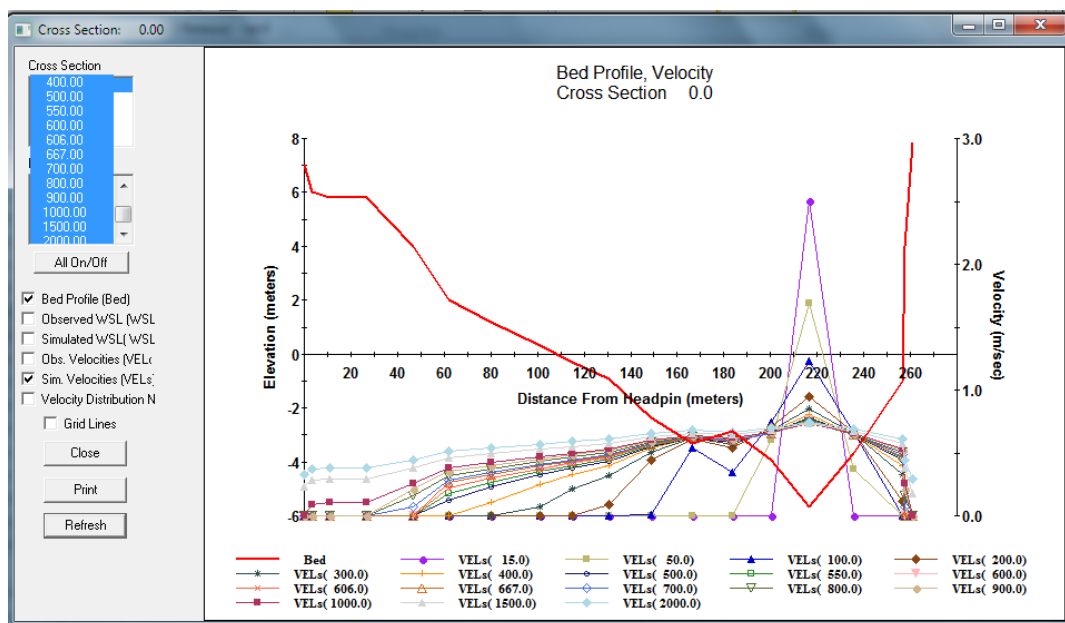


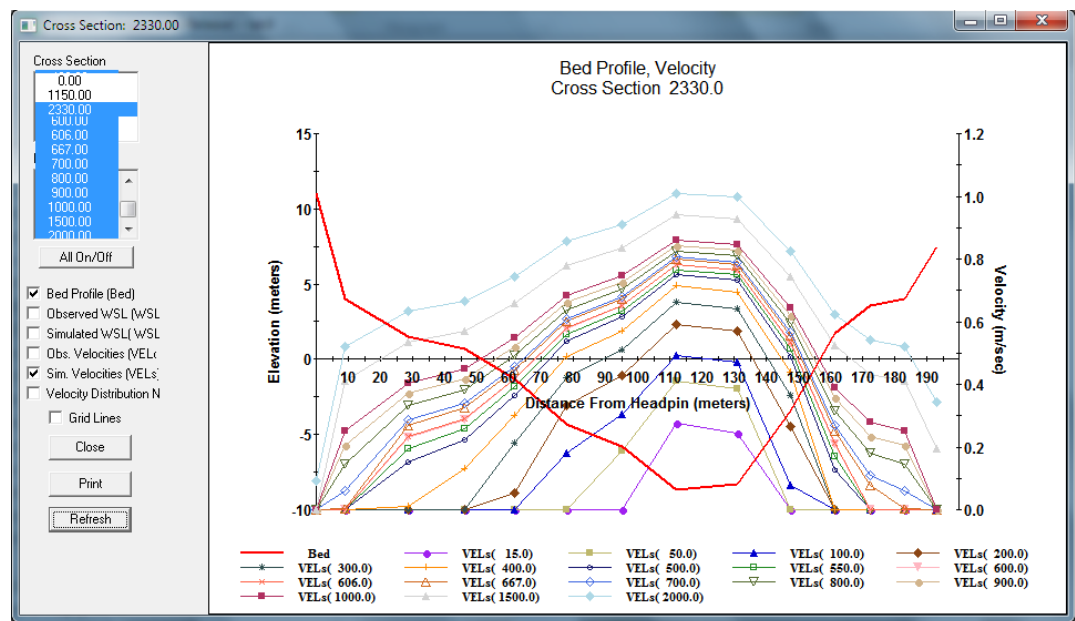
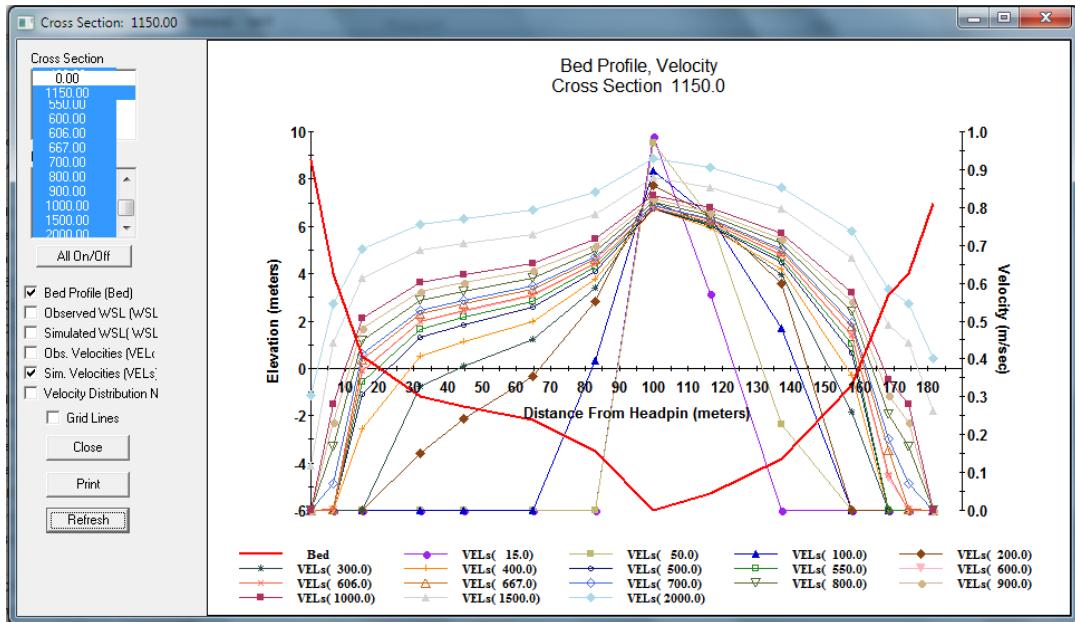
Figura 88. Modelo de Velocidades

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012







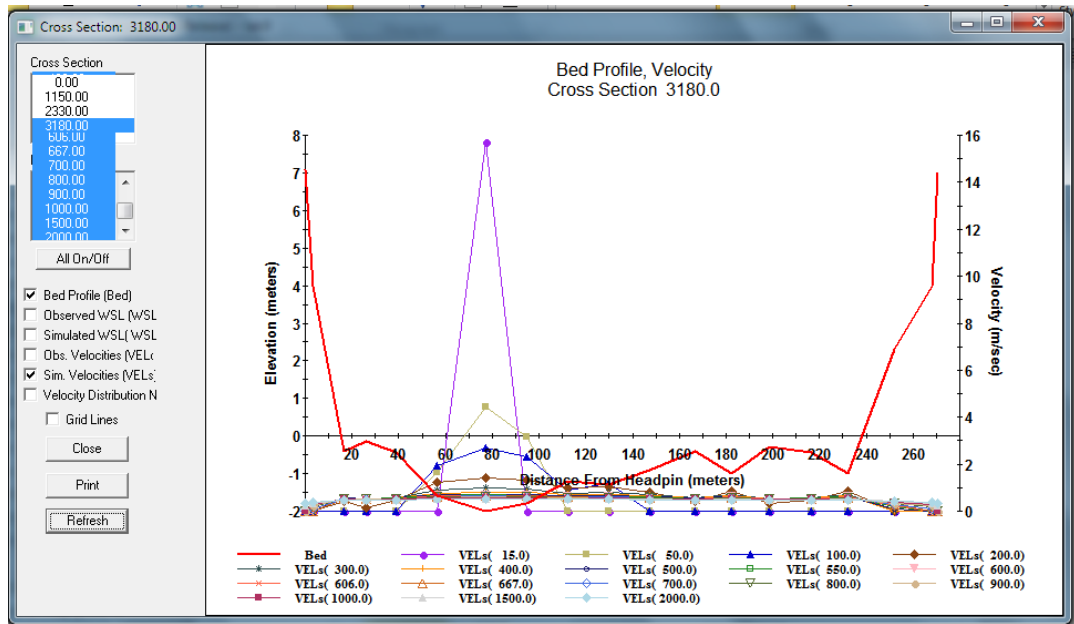


Figura 89. Resultados de Velocidades Medias Simuladas

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.4 HABTAE

Se procede a modelar los datos hidrológicos junto con las curvas de preferencia en el modelo HABTAE (Comando Model – HABTAE), donde se obtienen los gráficos de las preferencias de la especie para cada caudal simulado.

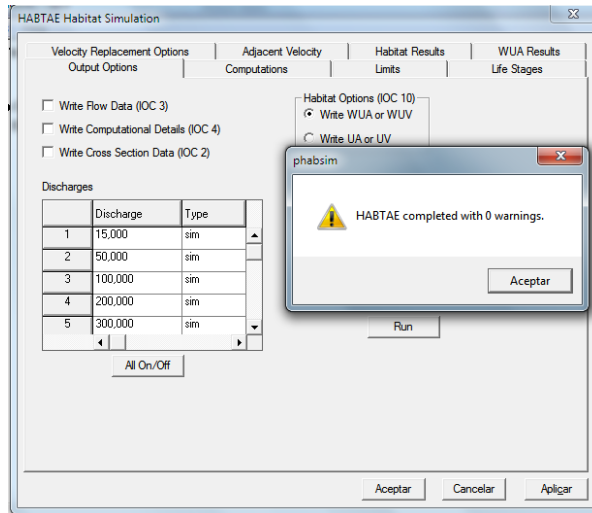


Figura 90. Modelo HABTAE

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

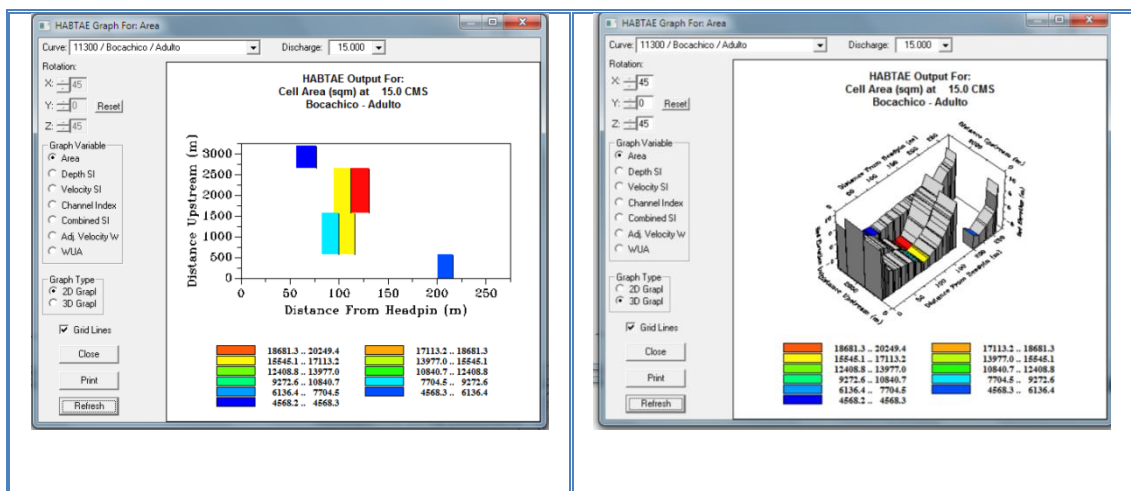
El modelo HABTAE remite los resultados en gráficos de todas las secciones transversales en conjunto, donde mediante la identificación de colores [gama desde color azul hasta rojo] de cada una de las celdas que representan el micro-hábitat, se pueden observar las variaciones preferenciales de la especie estudiada en variables como: área, profundidad, velocidad y sustrato; respecto a la variación de los caudales circundantes. El enfoque HABTAE calcula el micro-hábitat como Superficie Ponderada Útil

SPU (o Weighted Usable Area WUA), para describir el comportamiento de organismos móviles bajo un caudal constante o con variaciones graduales.

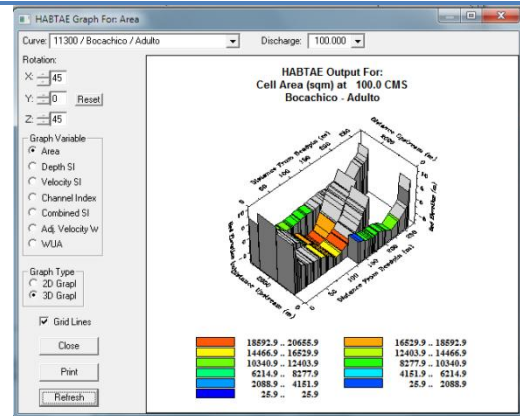
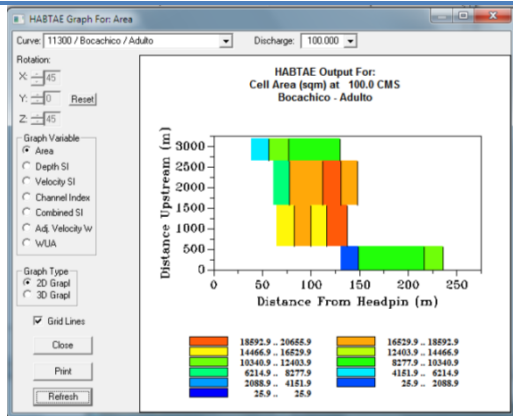
#### 4.6.4.1 Resultados del Hábitat (Atributos)

##### 4.6.4.1.1 Área

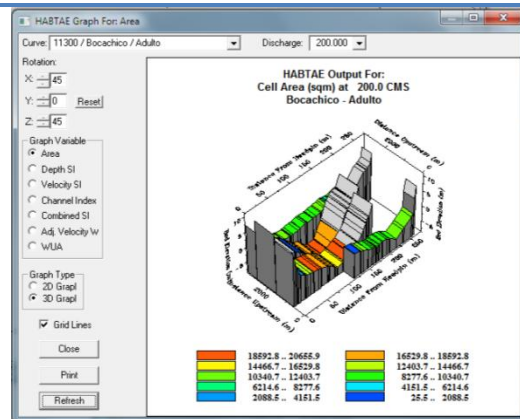
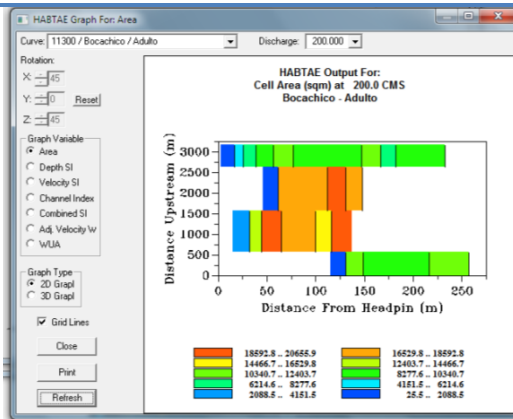
Las preferencias bióticas correspondientes a la variable de “Área” para la especie Bochachico en las secciones transversales del río Daule estudiadas; indican que hay una afectación de la especie en caudales bajos críticos como 15m<sup>3</sup>/s y 100 m<sup>3</sup>/s; pero las preferencias se mantienen en un nivel medio en los demás caudales, siendo las secciones transversales 1150 y 2330 las que poseen una mayor preferencia de hábitat que las secciones 0 y 3180.



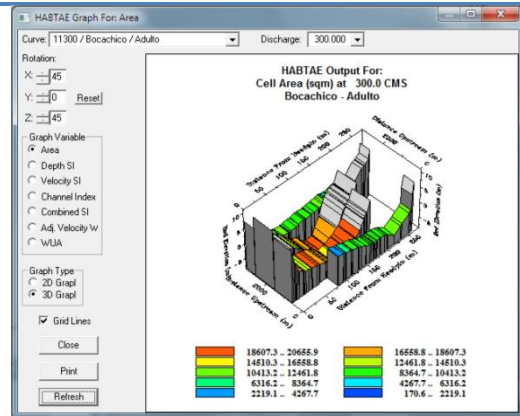
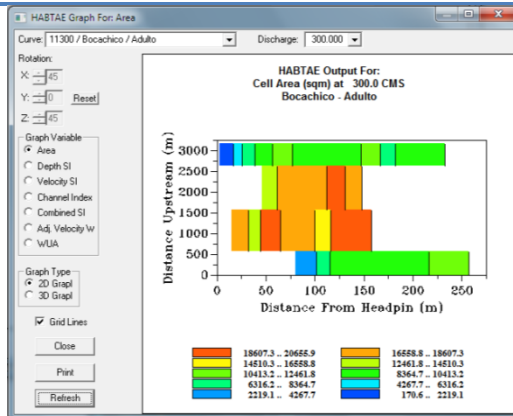
Q = 15 m<sup>3</sup>/s



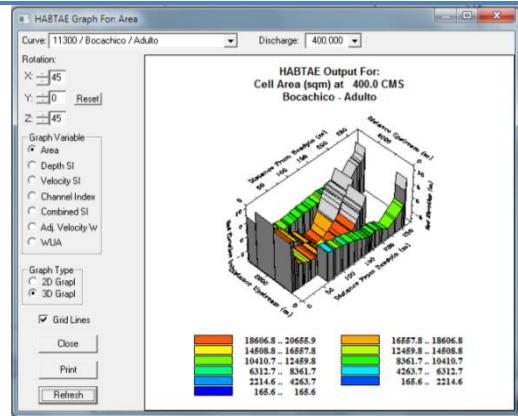
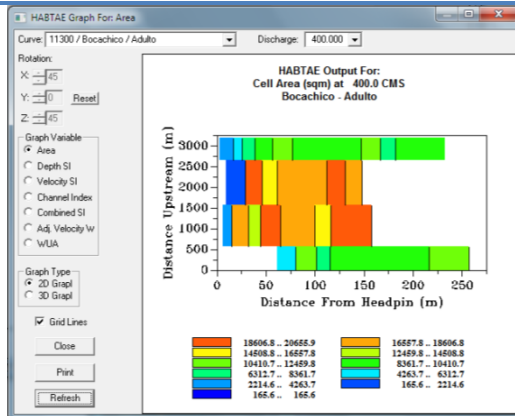
Q = 100 m<sup>3</sup>/s



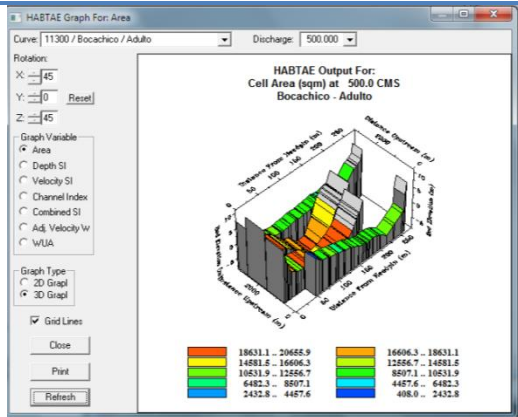
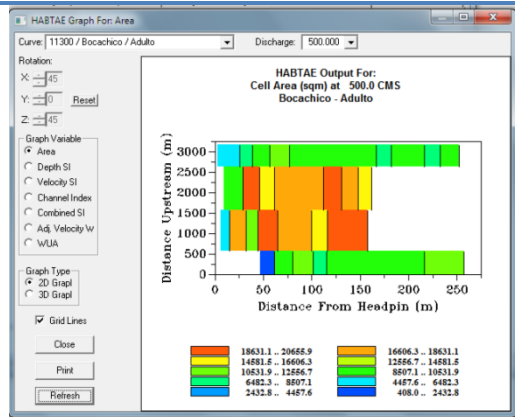
Q = 200 m<sup>3</sup>/s



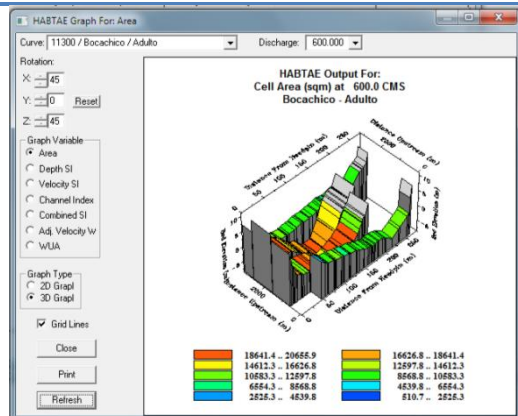
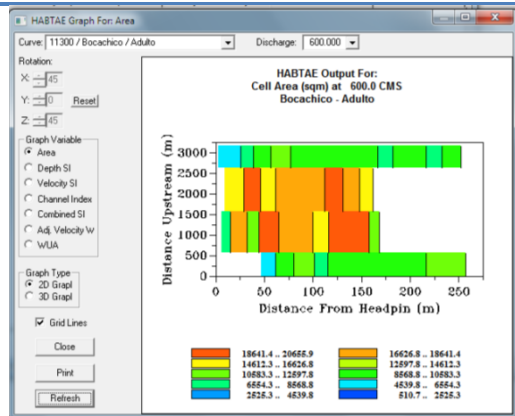
Q = 300 m<sup>3</sup>/s



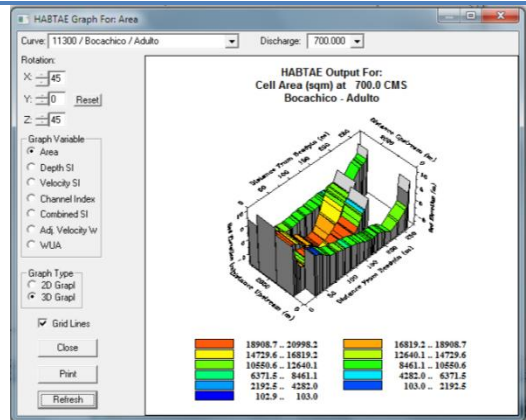
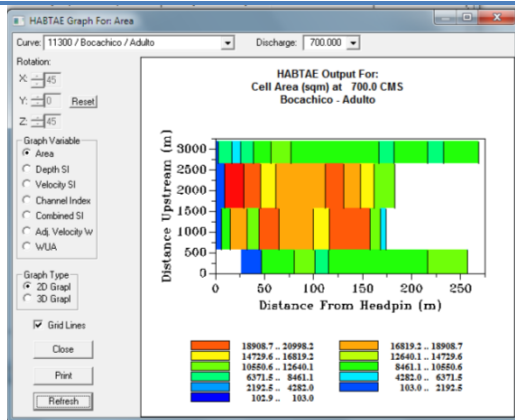
Q = 400 m<sup>3</sup>/s



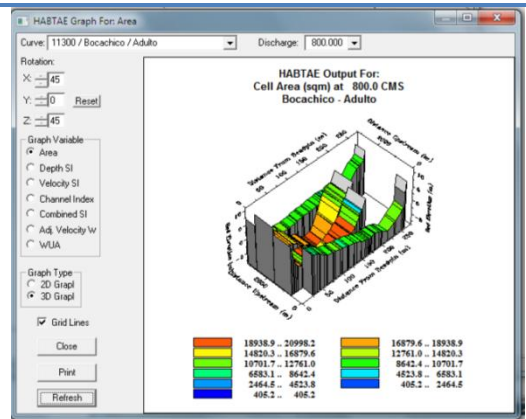
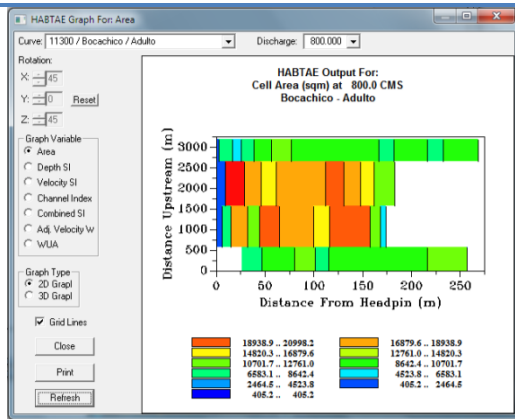
Q = 500 m<sup>3</sup>/s



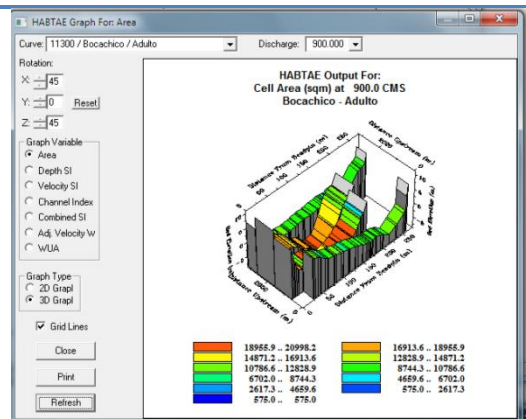
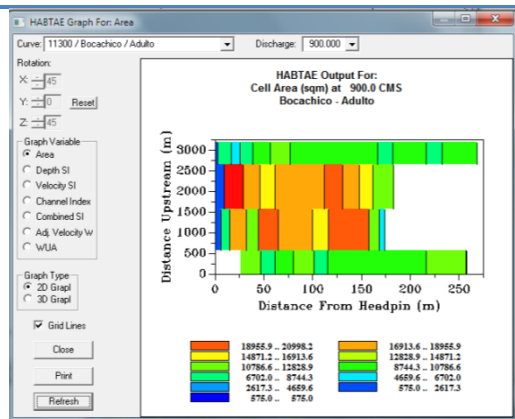
Q = 600 m<sup>3</sup>/s



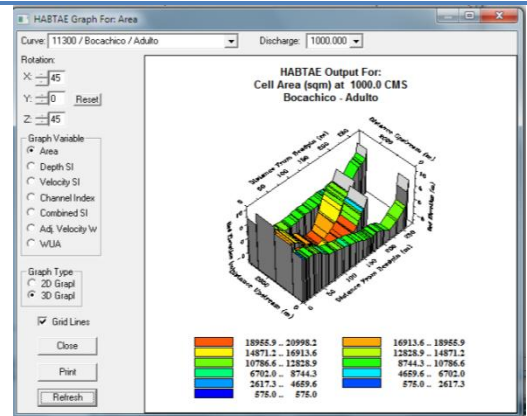
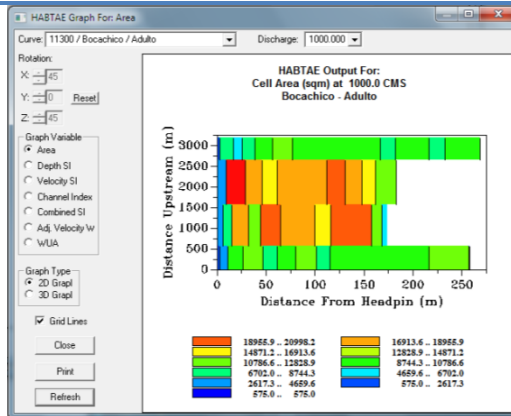
Q = 700 m<sup>3</sup>/s



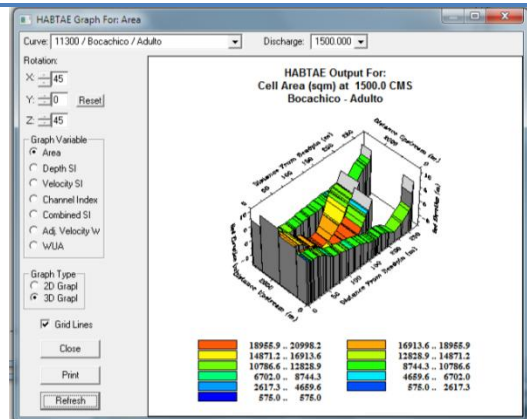
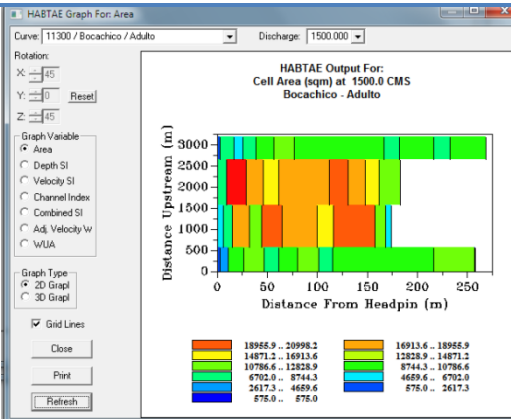
Q = 800 m<sup>3</sup>/s



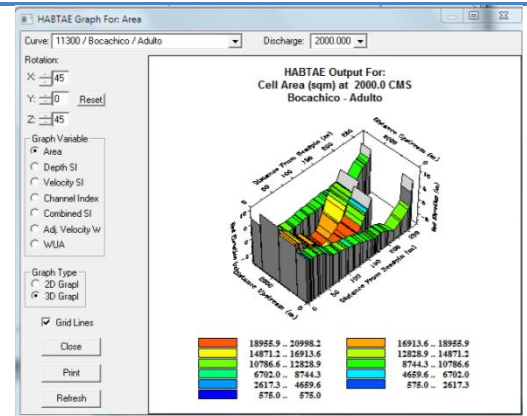
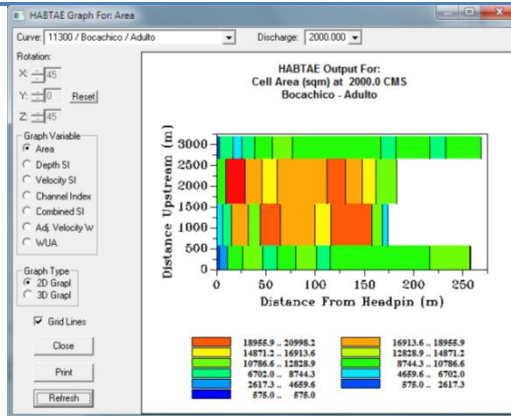
Q = 900 m<sup>3</sup>/s



Q = 1000 m<sup>3</sup>/s



Q = 1500 m<sup>3</sup>/s





$$Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$$

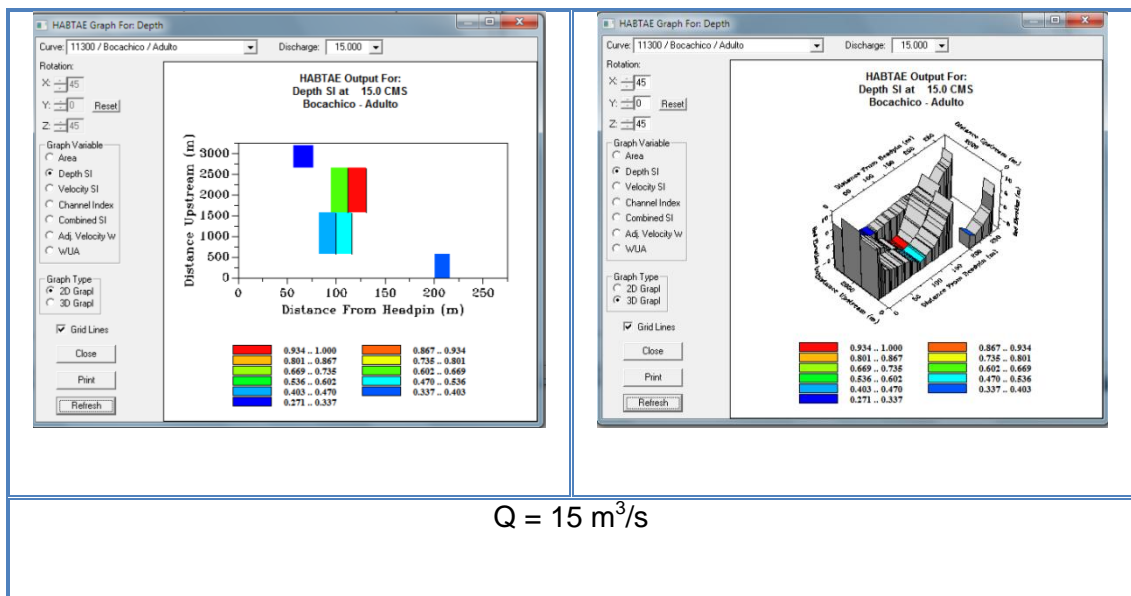
Figura 91. Resultados de Modelo HABTAE - Área

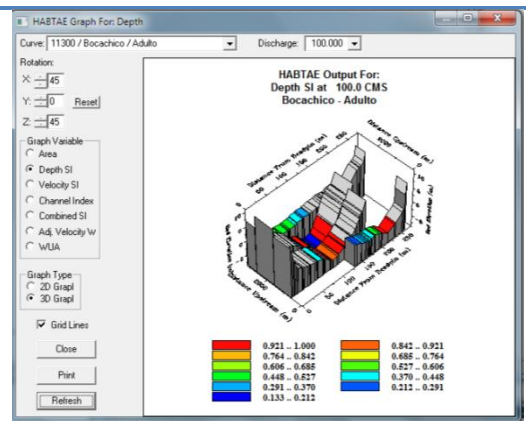
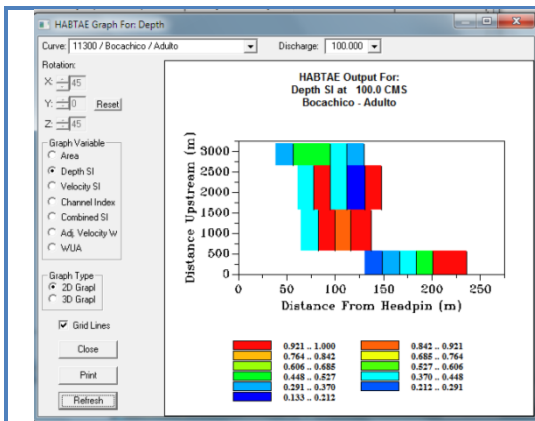
Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

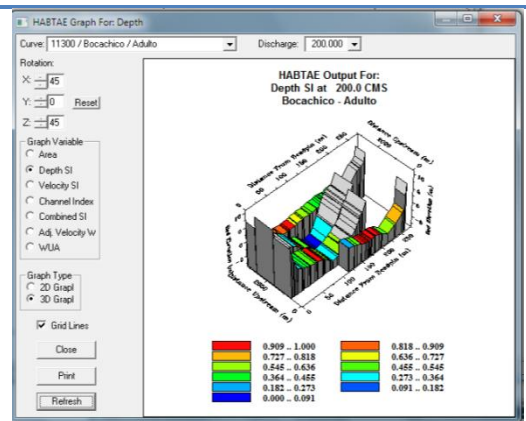
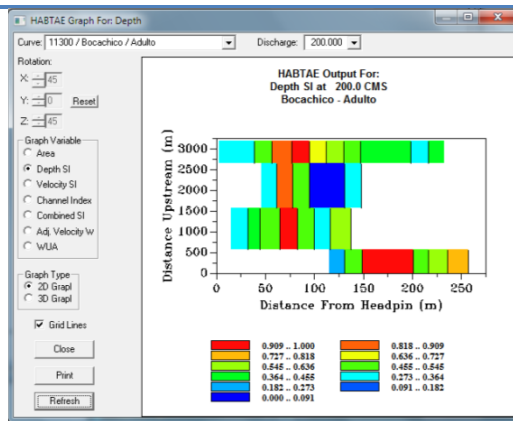
#### 4.6.4.1.2 Profundidad

Evaluando las preferencias de caudal para el Bochachico en términos de profundidad; podemos observar que los caudales ideales se encuentran entre los 100 y 500 m<sup>3</sup>/s.

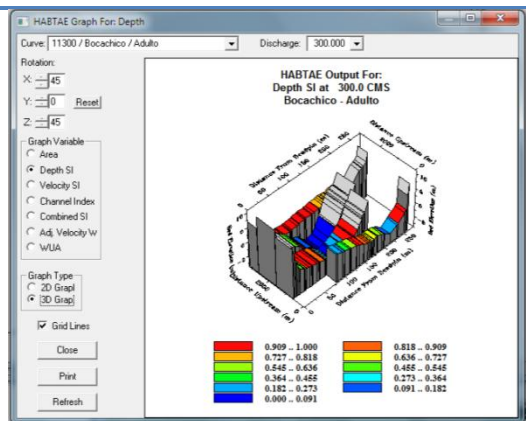
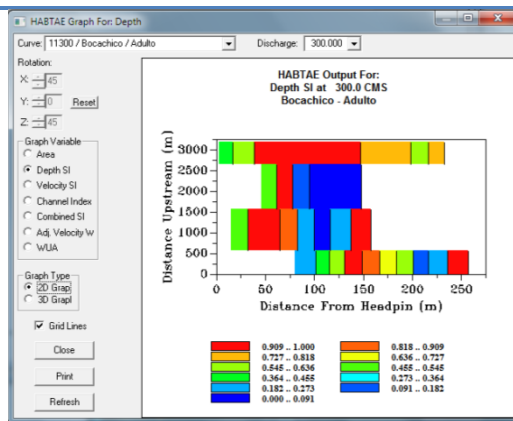




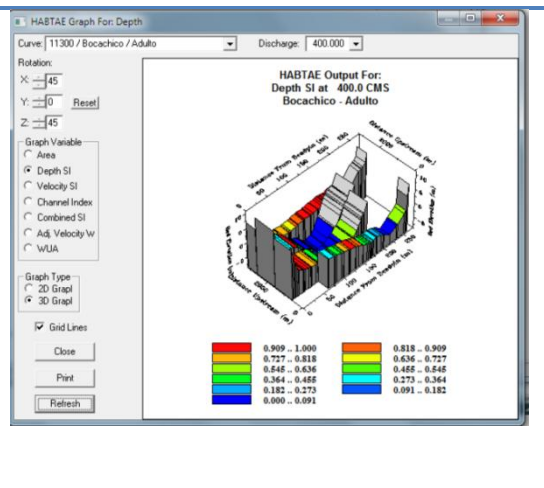
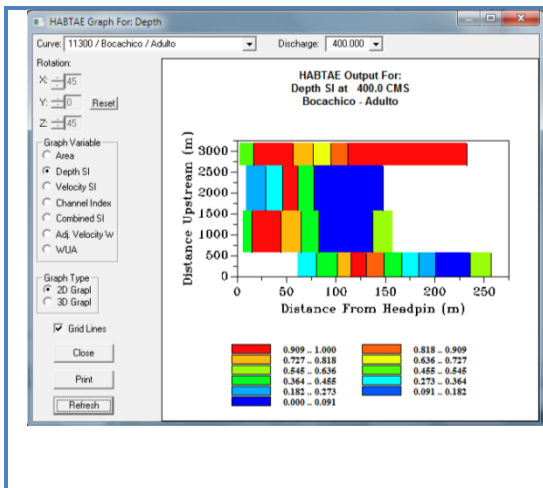
$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



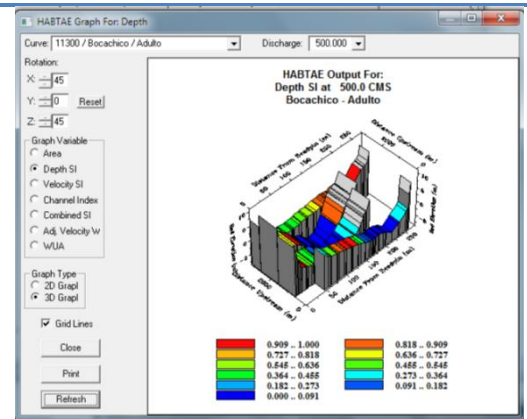
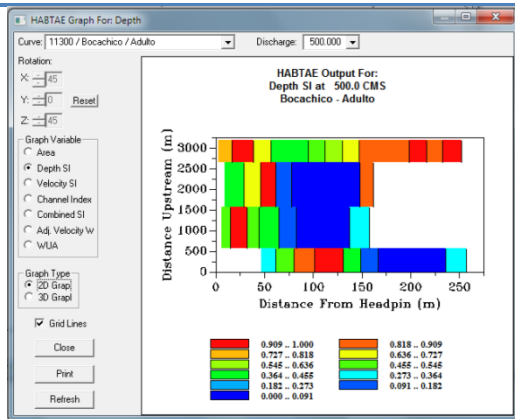
$Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$



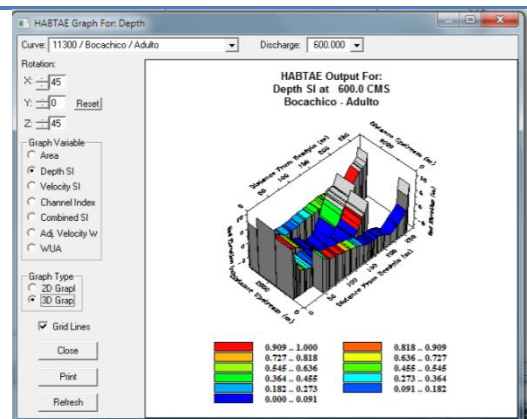
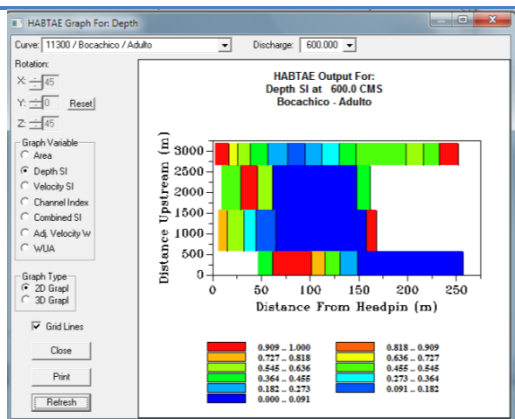
$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$



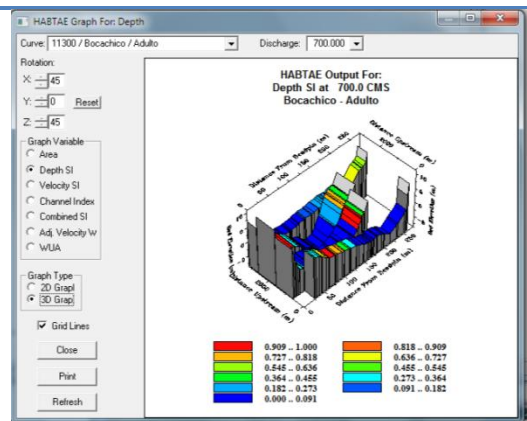
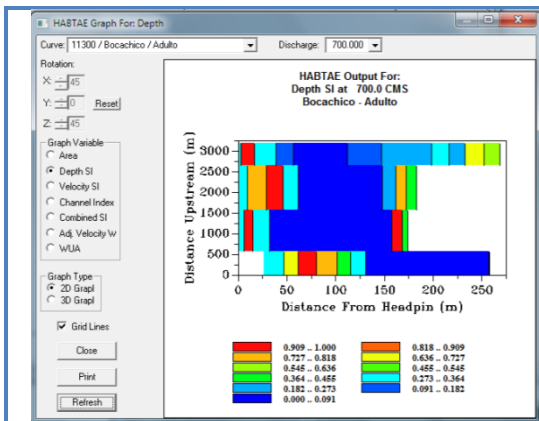
$Q = 400 \text{ m}^3/\text{s}$



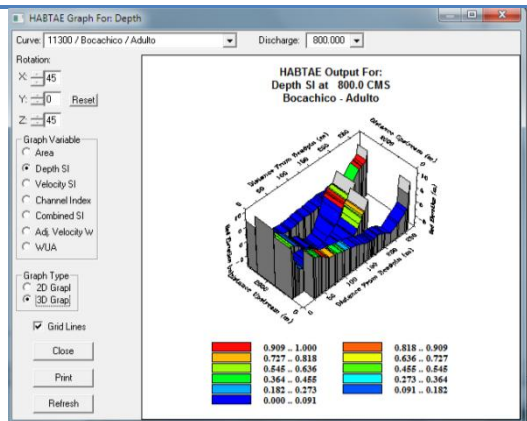
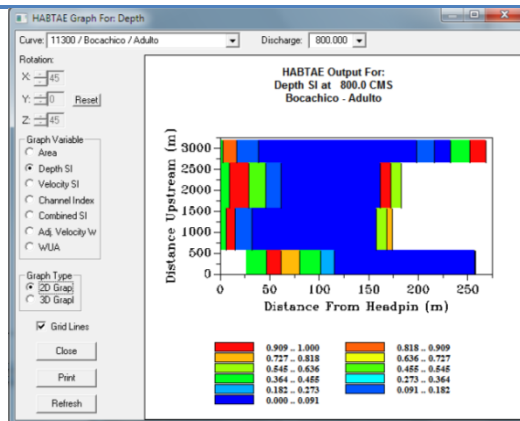
$Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$



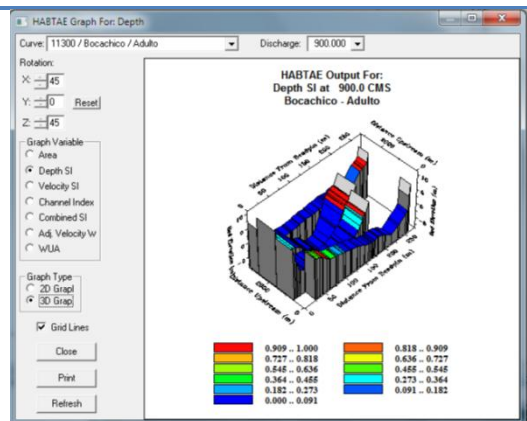
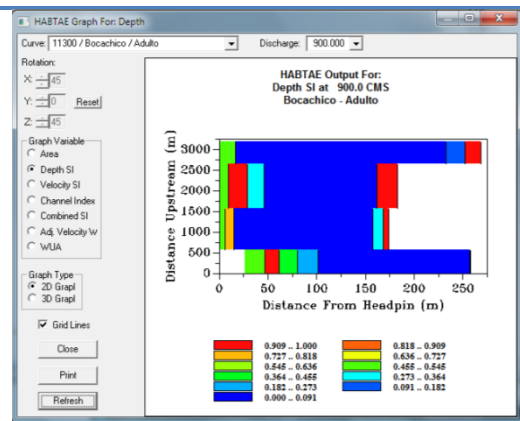
$Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$



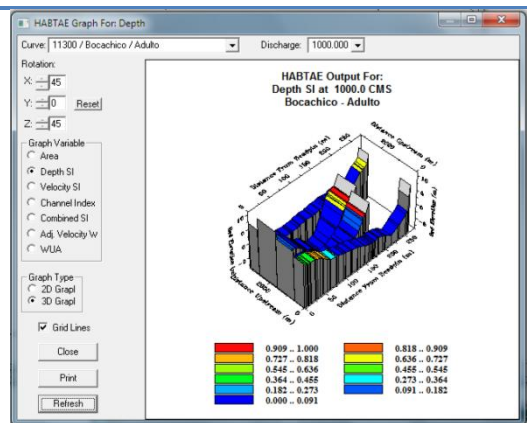
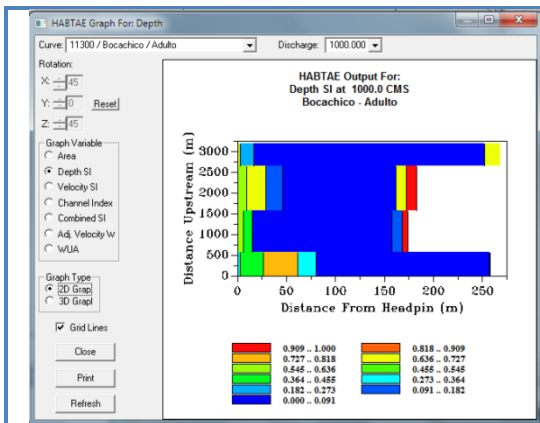
Q = 700 m<sup>3</sup>/s



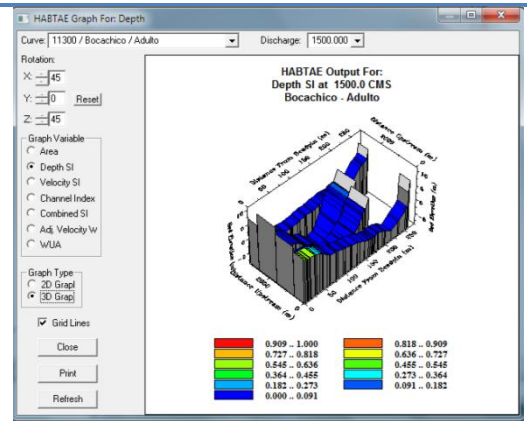
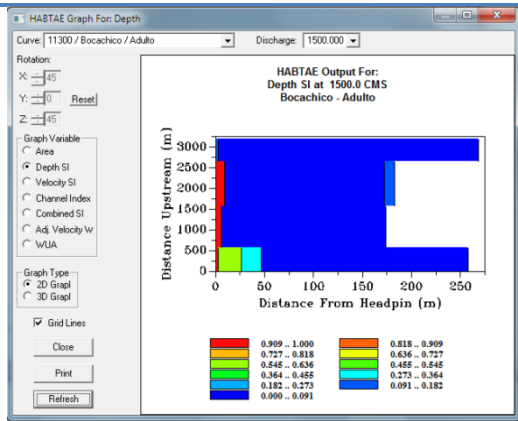
Q = 800 m<sup>3</sup>/s



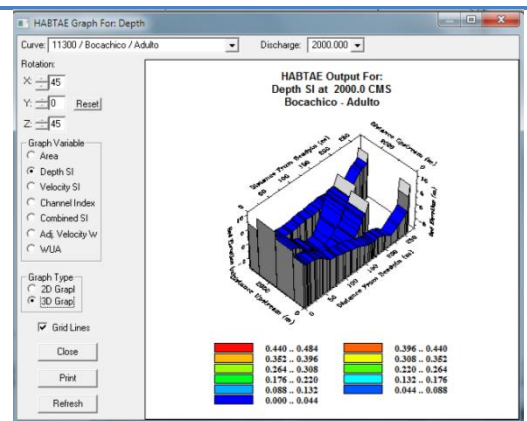
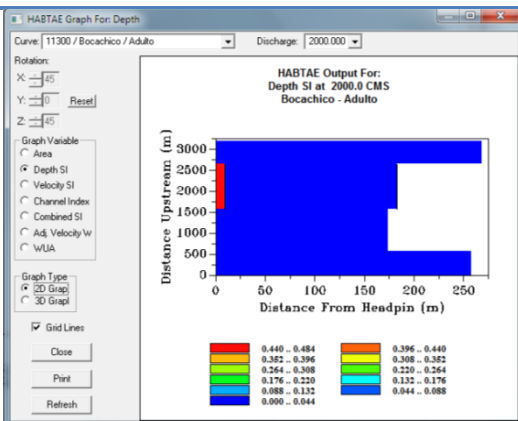
Q = 900 m<sup>3</sup>/s



Q = 1000 m<sup>3</sup>/s



Q = 1500 m<sup>3</sup>/s



Q = 2000 m<sup>3</sup>/s

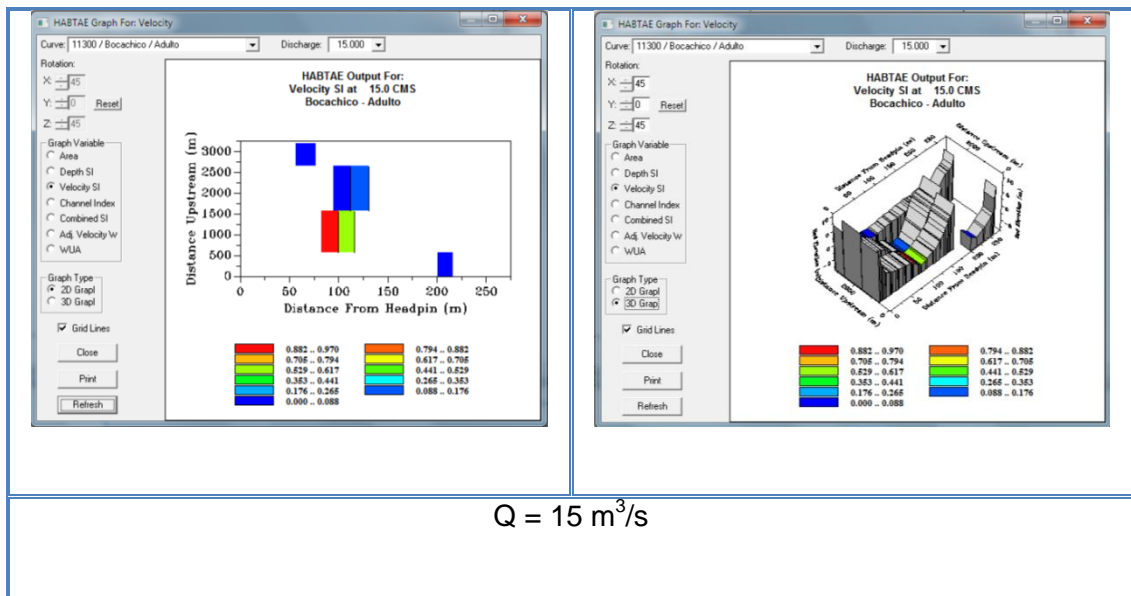
Figura 92. Resultados de Modelo HABTAE - Profundidad

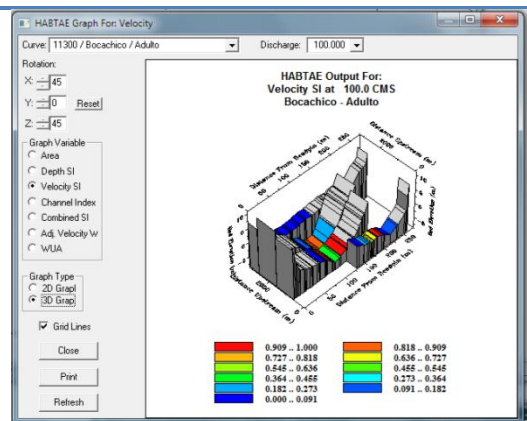
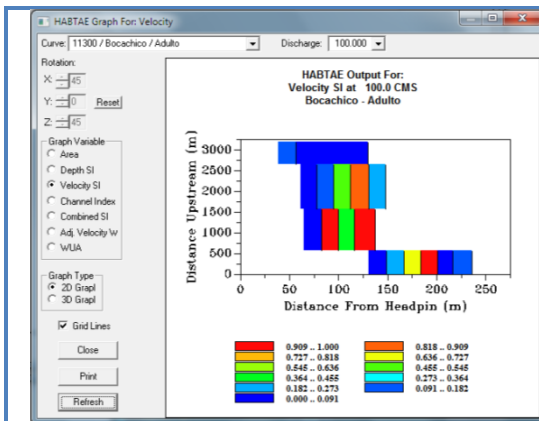
Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

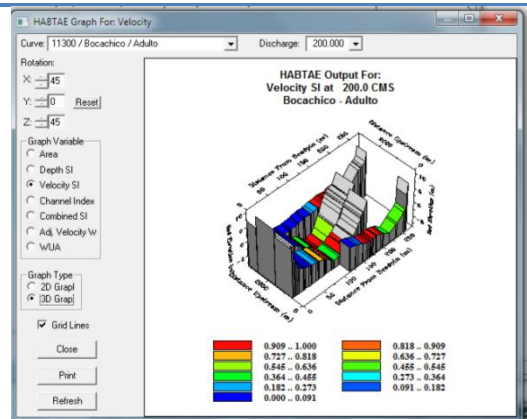
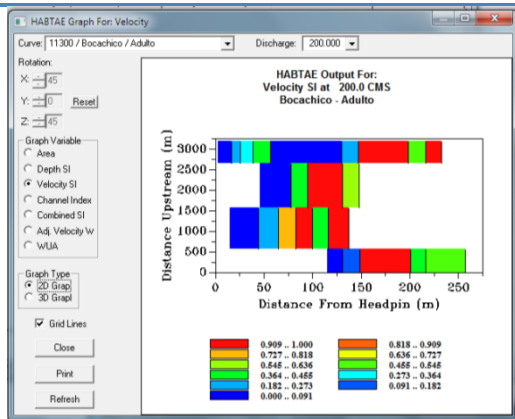
#### 4.6.4.1.3 Velocidad

Las preferencias bióticas del Bocachico para la variable de Velocidad en base al modelo HABTAE indican que a partir de caudales de  $300\text{m}^3/\text{s}$  existen condiciones de velocidad idóneas para la especie estudiada.

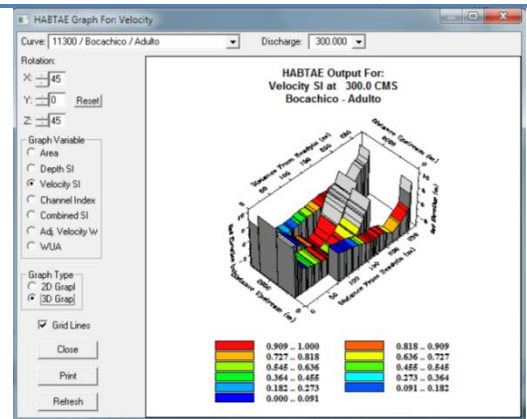
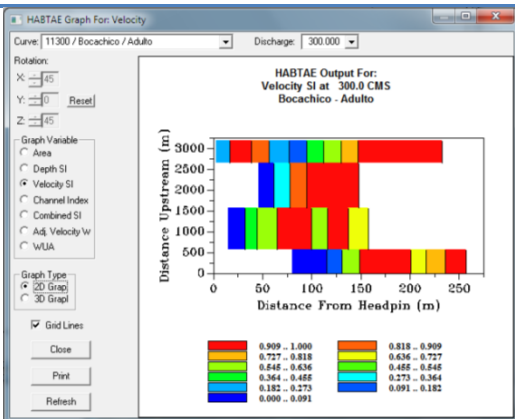




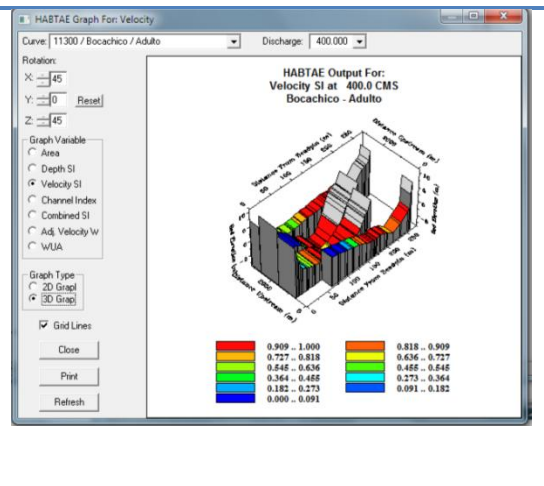
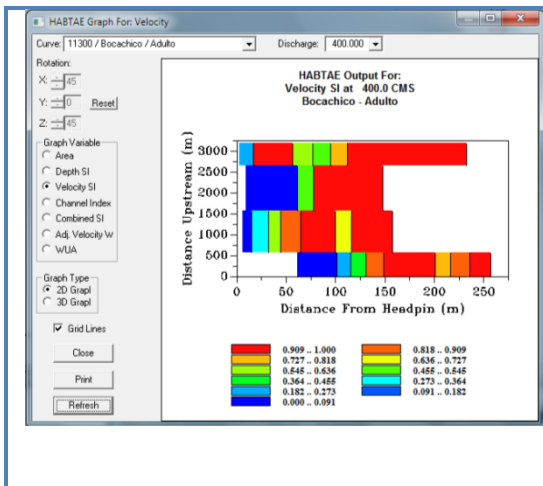
$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



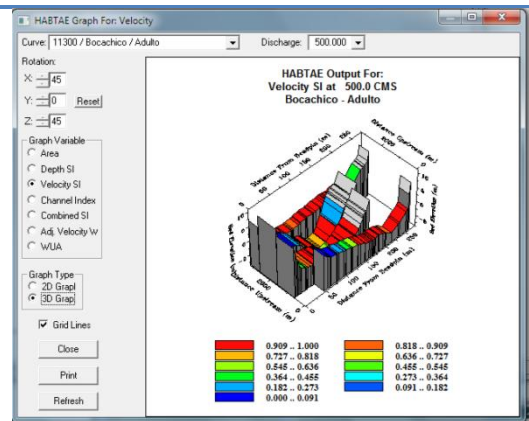
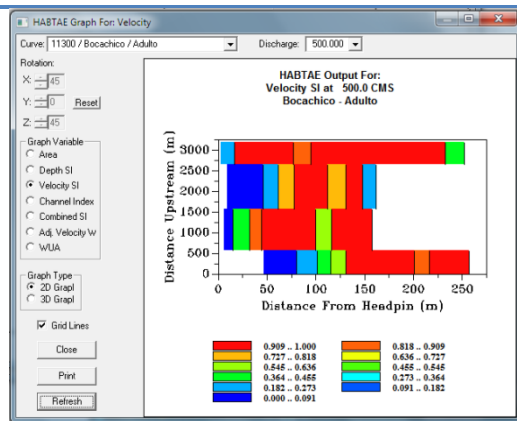
$Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$



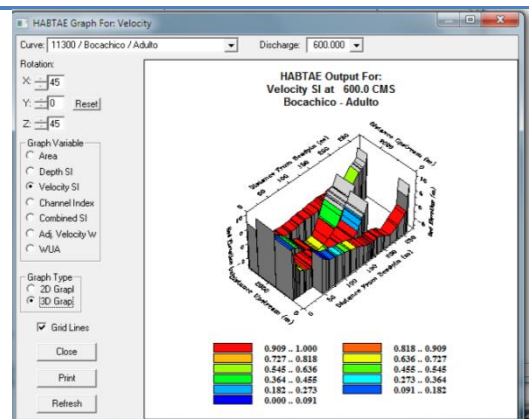
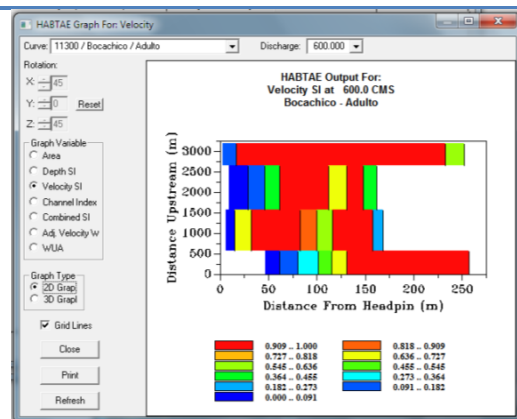
$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$



$Q = 400 \text{ m}^3/\text{s}$

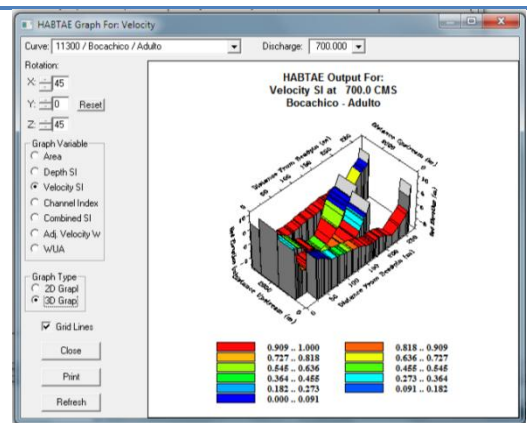
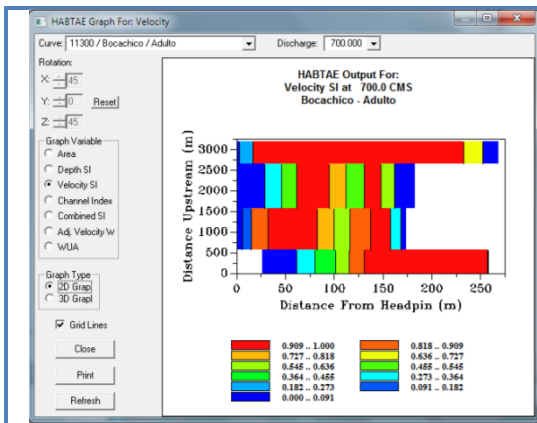


$Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$

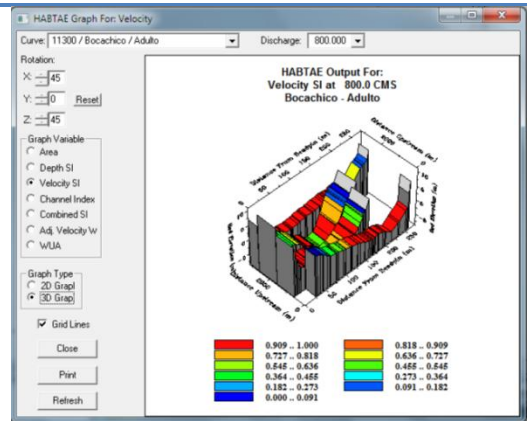
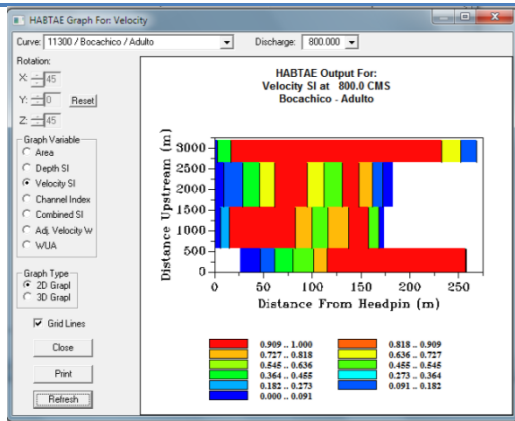


$Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$

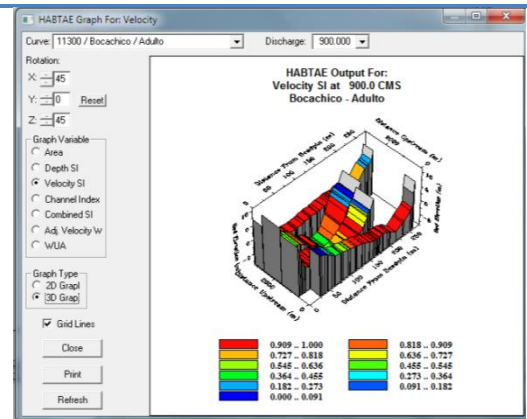
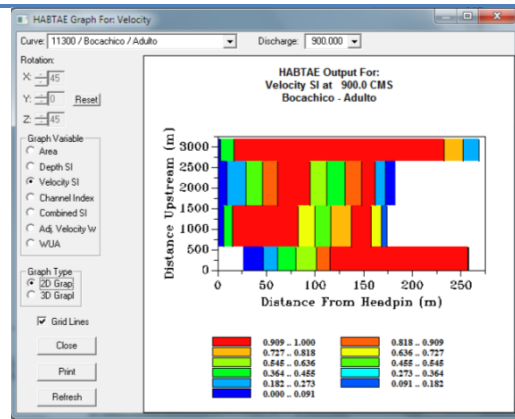




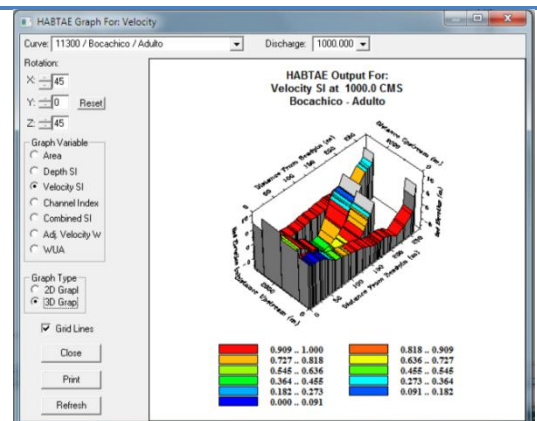
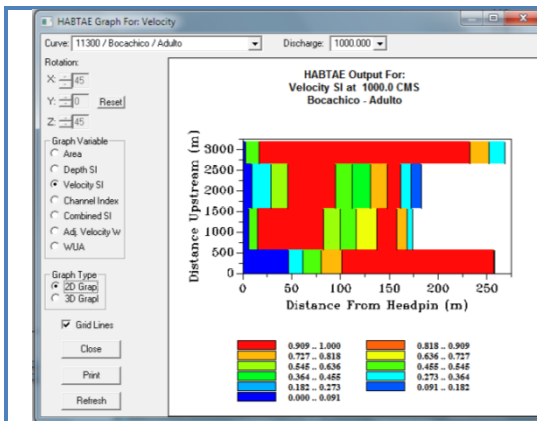
$Q = 700 \text{ m}^3/\text{s}$



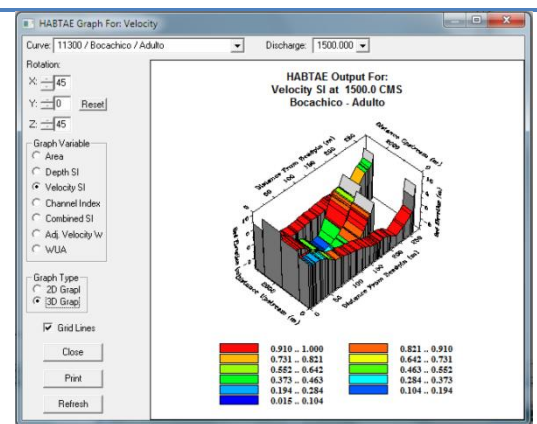
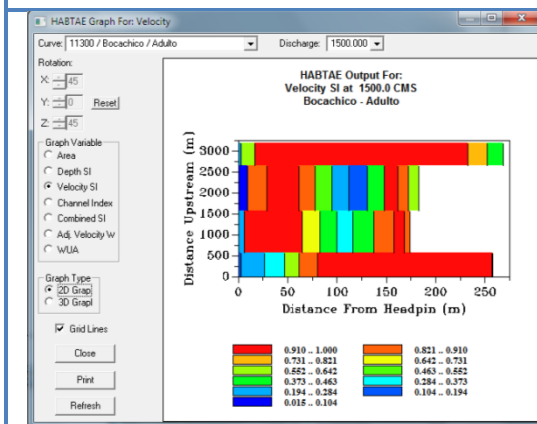
$Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$



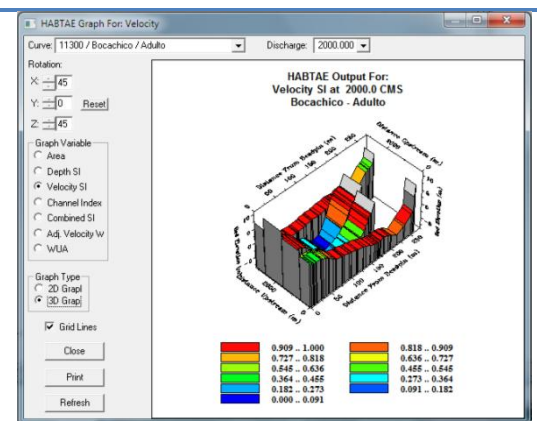
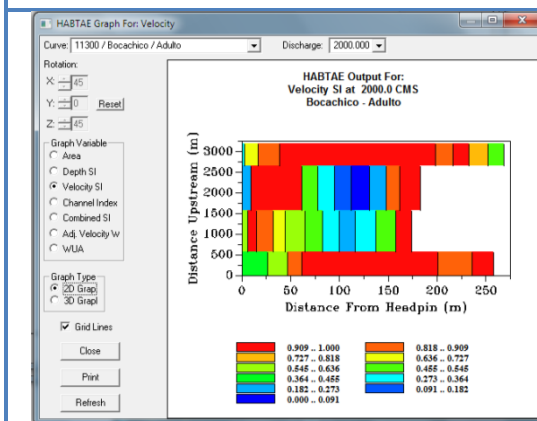
$Q = 900 \text{ m}^3/\text{s}$



Q = 1000 m<sup>3</sup>/s



Q = 1500 m<sup>3</sup>/s



Q = 2000 m<sup>3</sup>/s

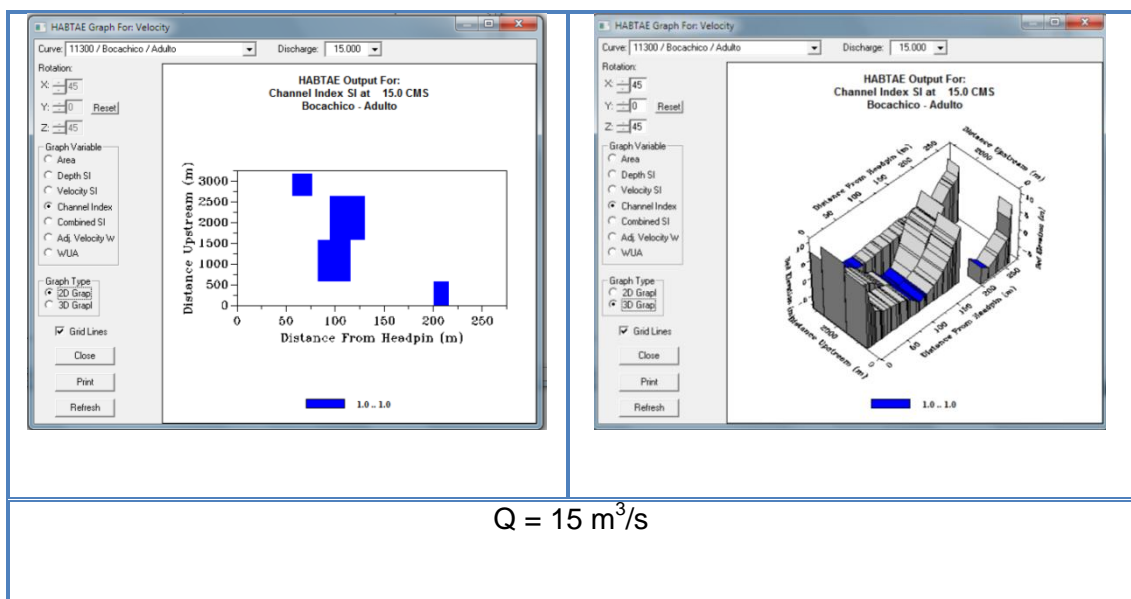
Figura 93. Resultados de Modelo HABTAE – Velocidad

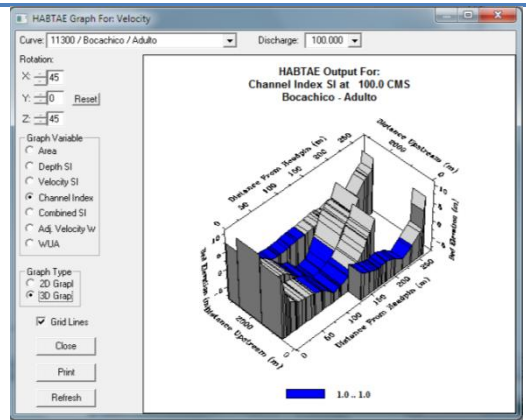
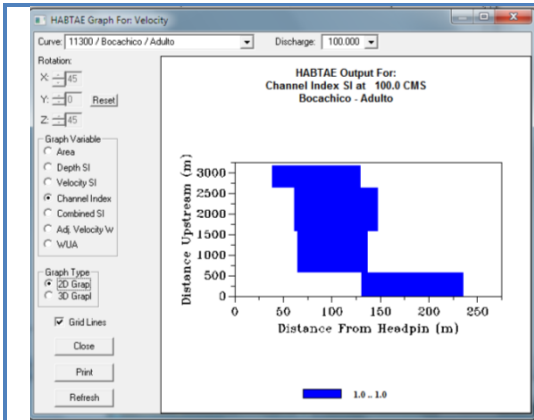
Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

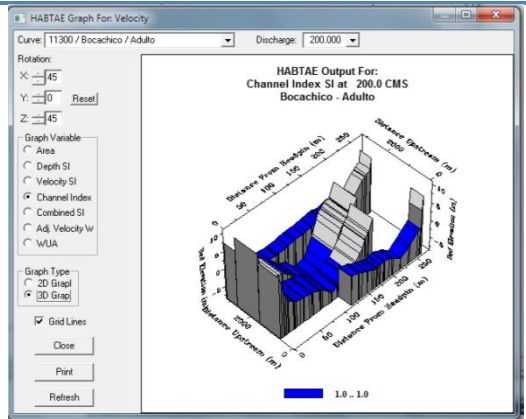
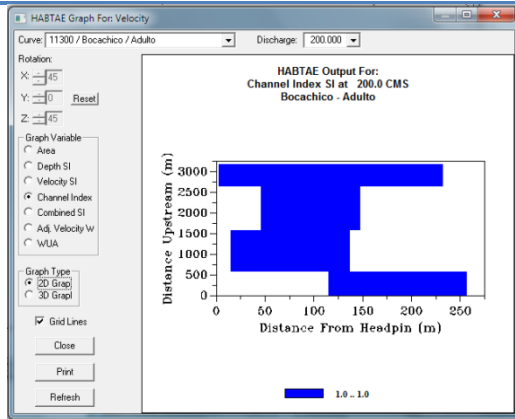
#### 4.6.4.1.4 Sustrato

En lo que respecta a preferencias de sustrato, y dado que más del 90% del lecho del río está compuesto de Arena; los resultados muestran que hay un nivel de preferencia alto a cualquier caudal.

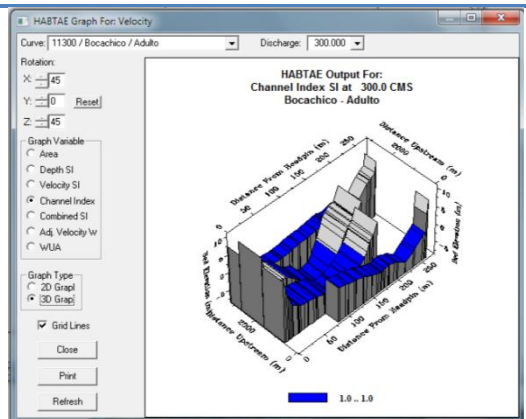
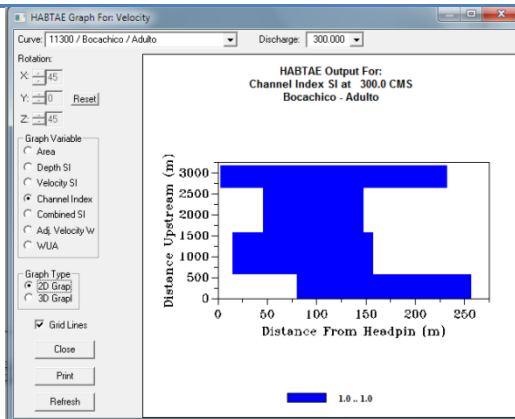




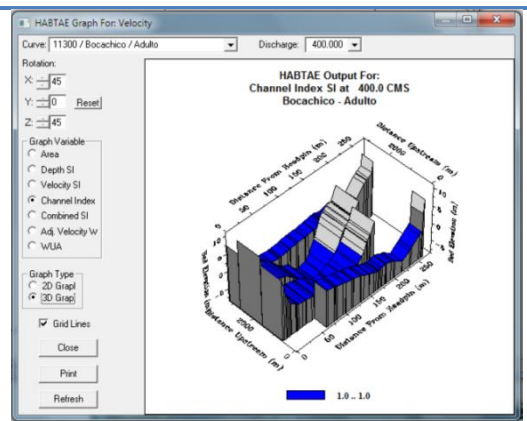
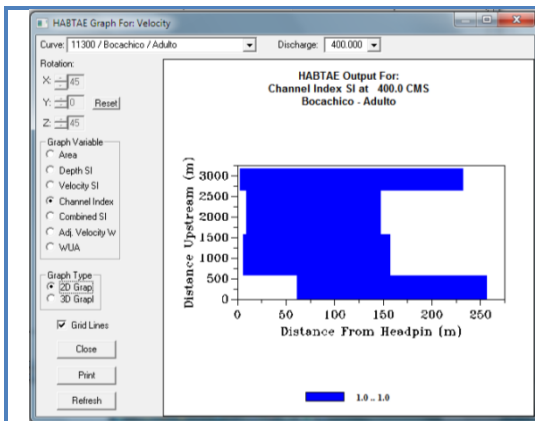
$Q = 100 \text{ m}^3/\text{s}$



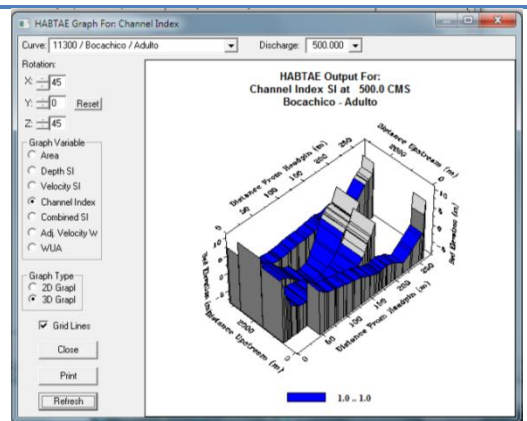
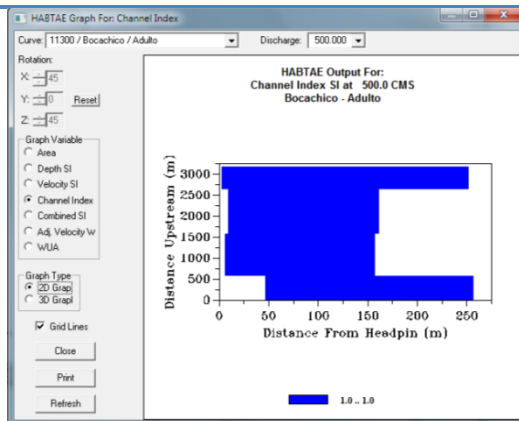
$Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$



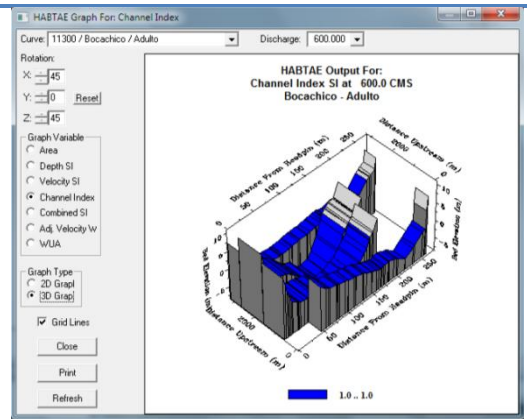
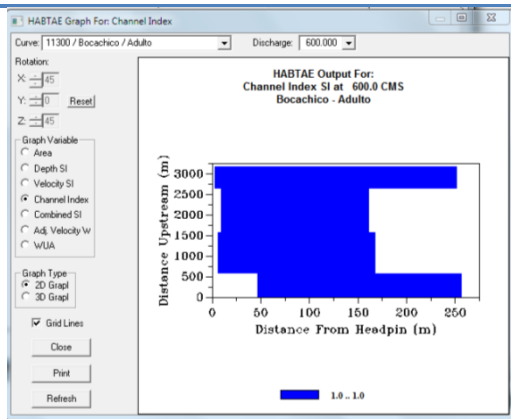
$Q = 300 \text{ m}^3/\text{s}$



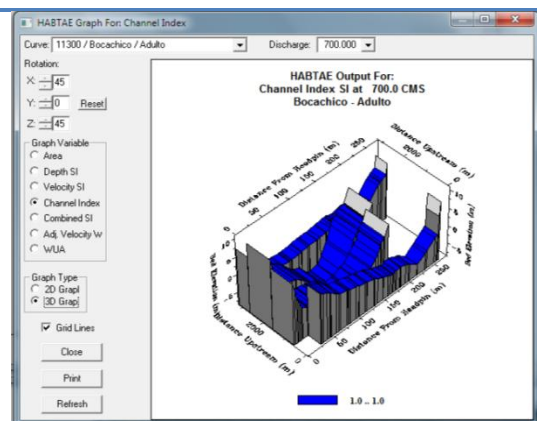
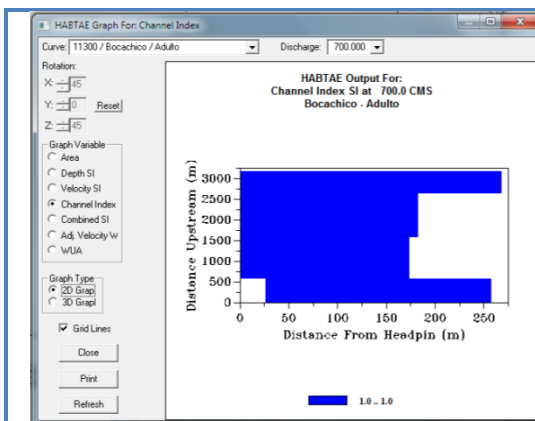
$Q = 400 \text{ m}^3/\text{s}$



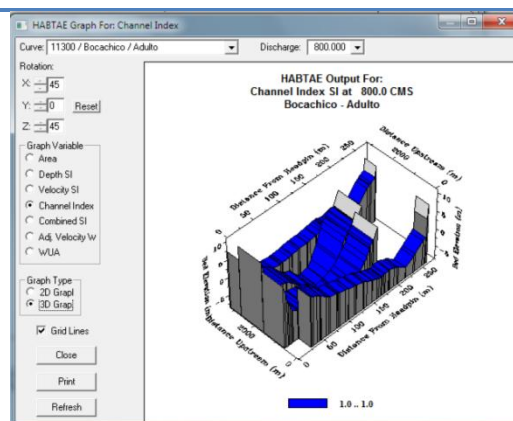
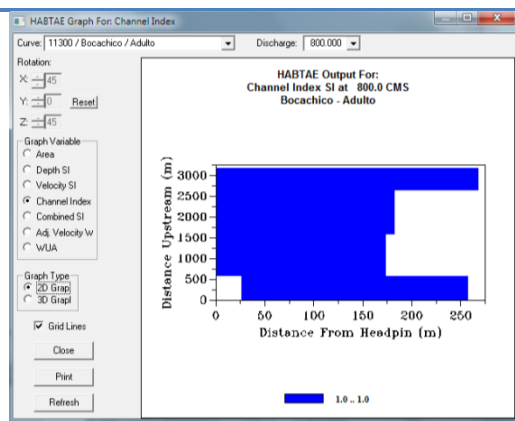
$Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$



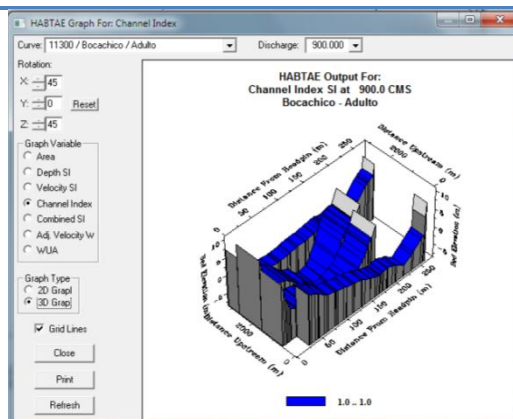
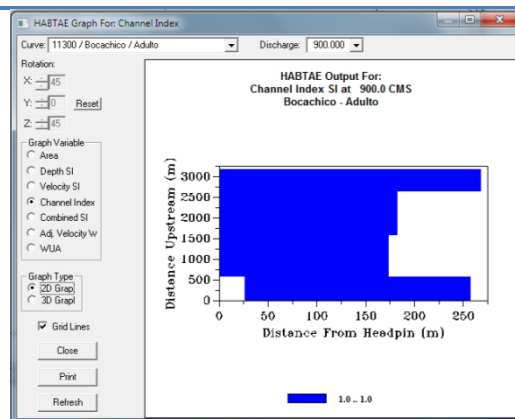
$Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$



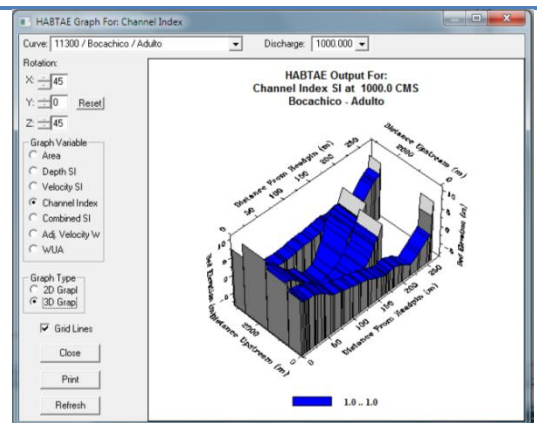
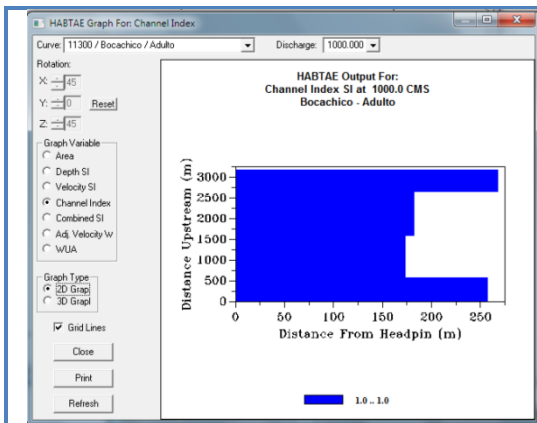
$Q = 700 \text{ m}^3/\text{s}$



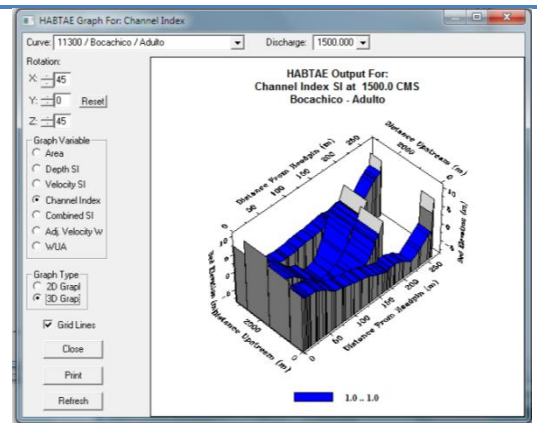
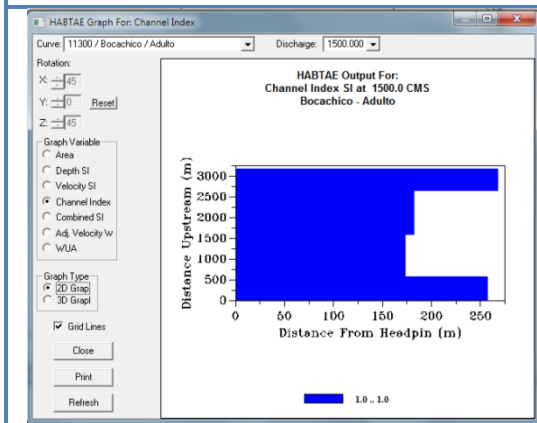
$Q = 800 \text{ m}^3/\text{s}$



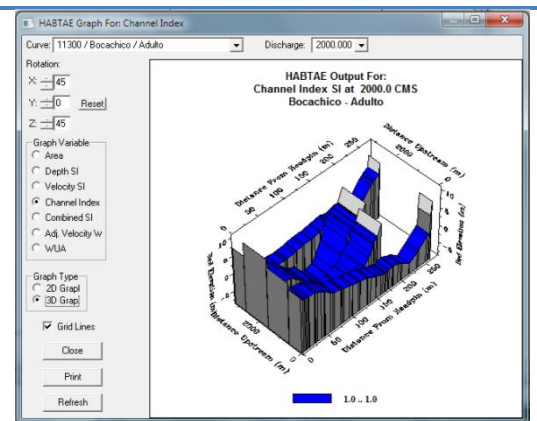
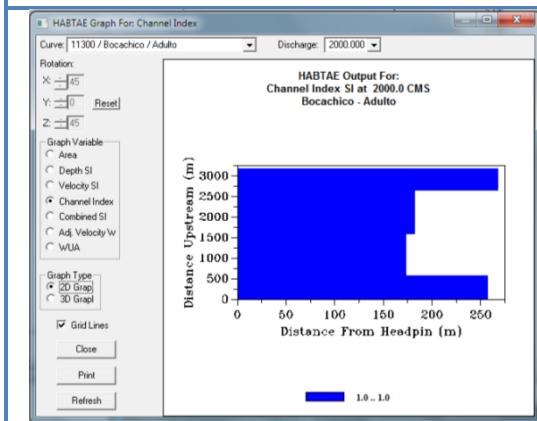
$Q = 900 \text{ m}^3/\text{s}$



Q = 1000 m<sup>3</sup>/s



Q = 1500 m<sup>3</sup>/s



Q = 2000 m<sup>3</sup>/s

Figura 94. Resultados de Modelo HABTAE – Sustrato

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

#### 4.6.4.2 Resultados del WUA

Los resultados de Superficie Ponderada Útil SPU (o Weighted Usable Area WUA) para el Bocachico, que engloba todas las variables antes mencionadas; indican que las condiciones ideales para dicha especie en un estadio Adulto se encuentran bajo caudales entre 200 y 550m<sup>3</sup>/s; siendo los caudales de 300, 400 y 500 m<sup>3</sup>/s los que poseen un mayor índice de SPU.

Tabla 35. Relación Hábitat-Caudal del Bocachico

Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Área Total (m <sup>2</sup> )	WUA (m <sup>2</sup> /1000m)
15	31857,56	3678,49
100	84284	21808,09
200	132933,9	35314,79



<b>300</b>	<b>150052,9</b>	<b>53560,02</b>
<b>400</b>	<b>165944,2</b>	<b>57096,30</b>
<b>500</b>	<b>176043</b>	<b>46549,38</b>
550	180498,9	37601,56
600	185172,5	29886,49
606	185734,9	29104,68
667	194123,2	21866,89
700	195464,8	18807,52
800	199364,7	11704,72
900	203049,6	8739,31
1000	209691,6	7126,15
1500	213915,5	2915,35
2000	214680,4	556,46

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

El siguiente gráfico muestra que existe una suficiente Superficie Ponderada Útil en relación al área total cuerpo de agua (hábitat) a cualquier nivel de caudal; siendo los caudales preferenciales los ubicados entre los 200 y 550m<sup>3</sup>/s.

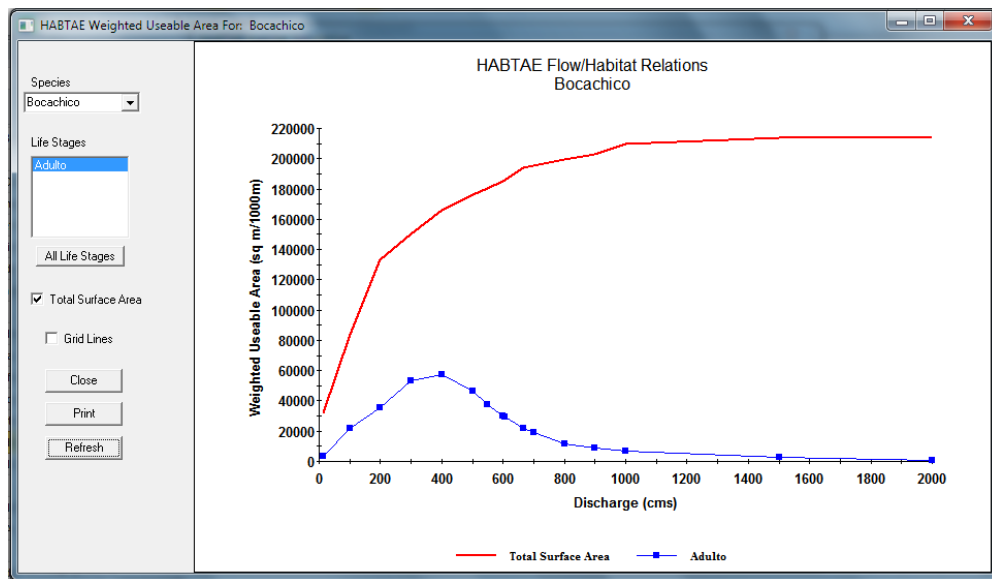
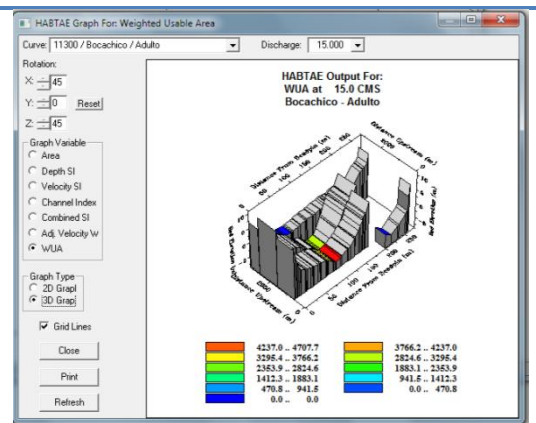
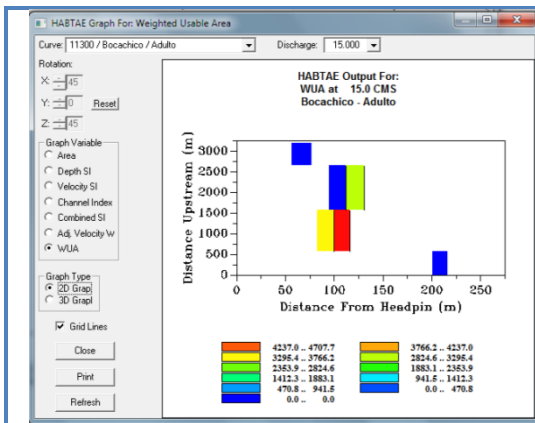


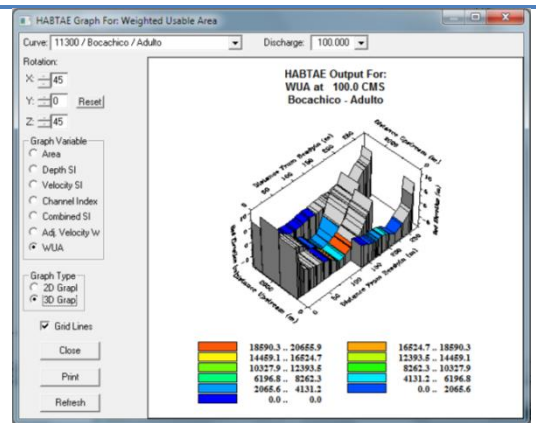
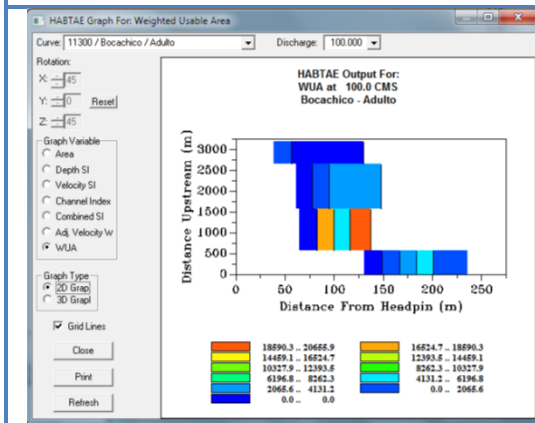
Figura 95. Relación Hábitat-Caudal del Bocachico

Fuente: PHABSIM 1.5.1

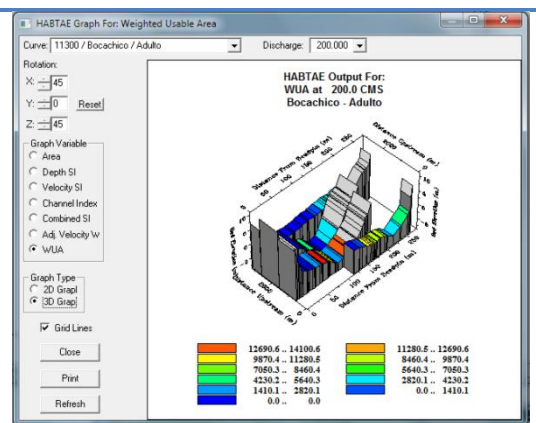
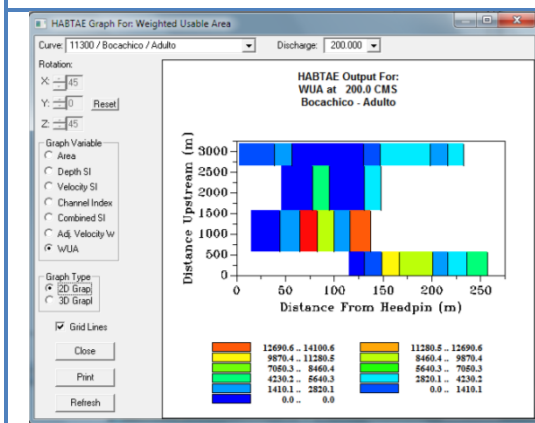
Elaboración: Humberto Moreno, 2012



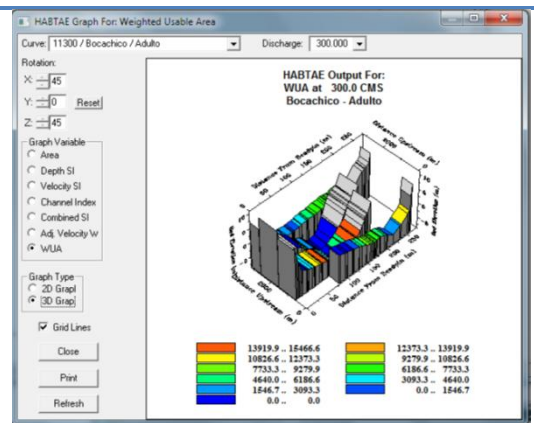
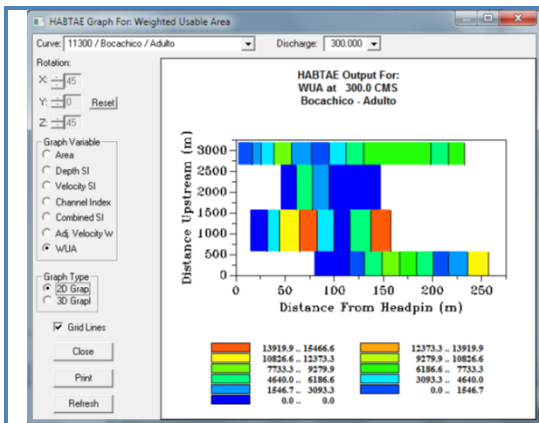
Q = 15 m<sup>3</sup>/s



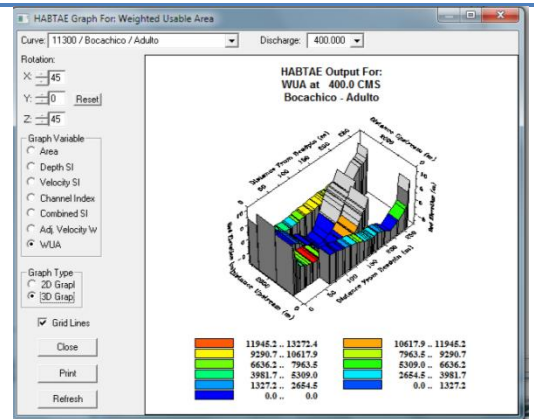
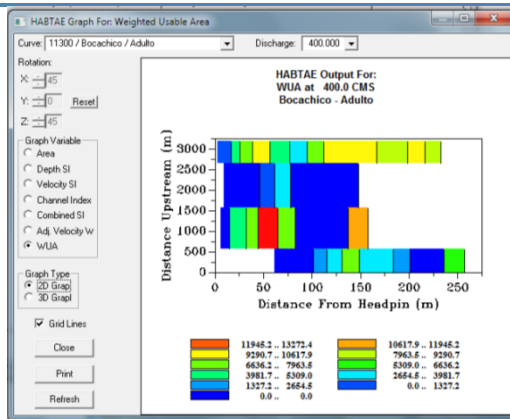
Q = 100 m<sup>3</sup>/s



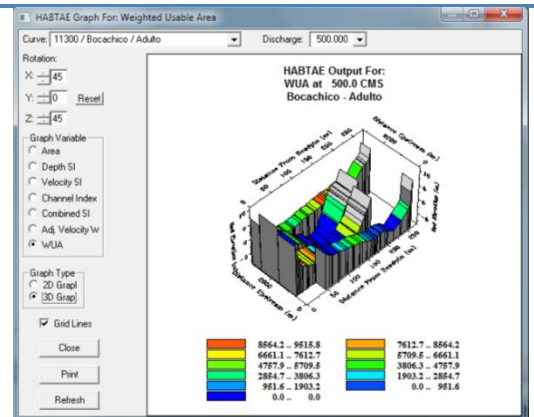
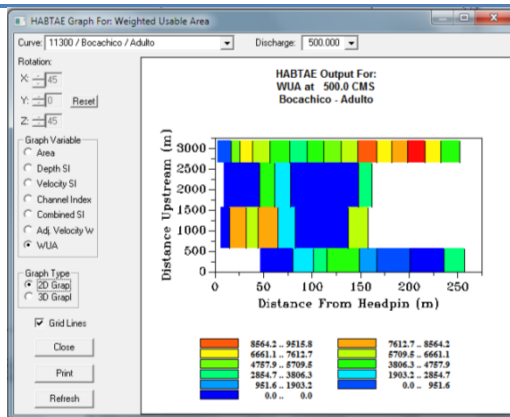
Q = 200 m<sup>3</sup>/s



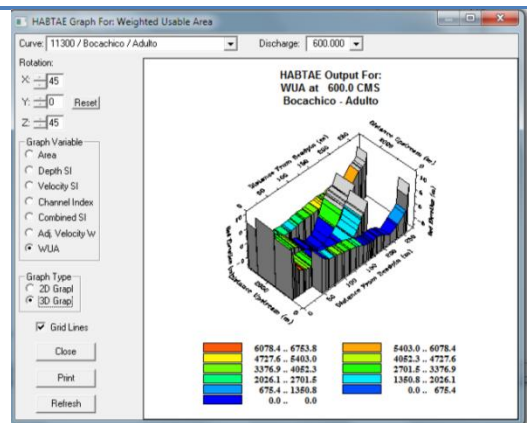
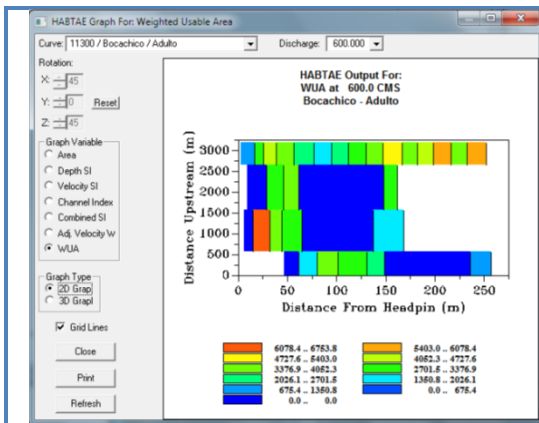
Q = 300 m<sup>3</sup>/s



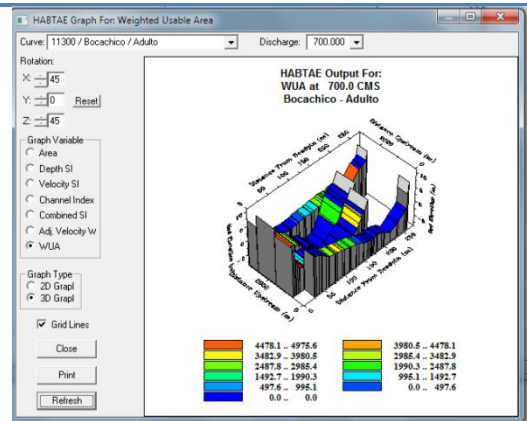
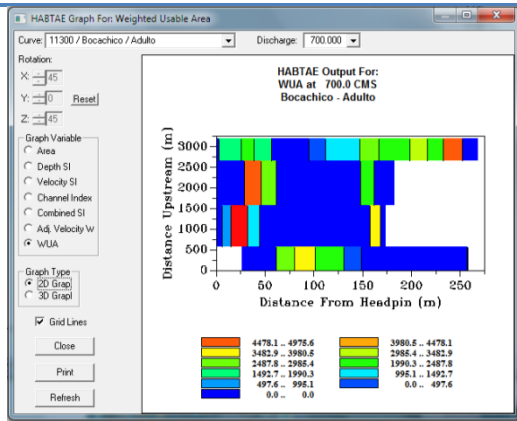
Q = 400 m<sup>3</sup>/s



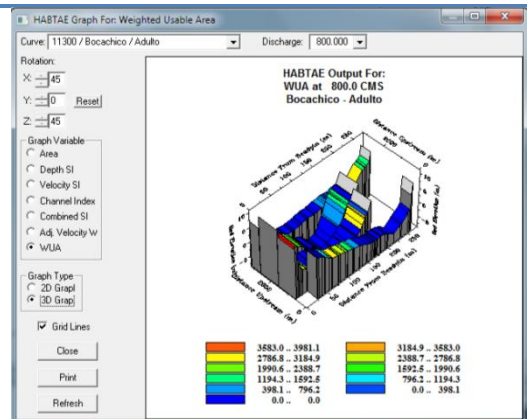
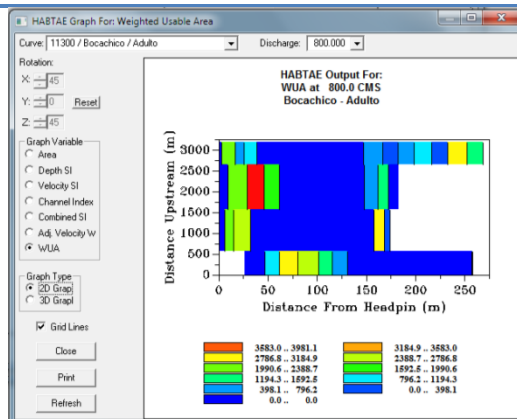
Q = 500 m<sup>3</sup>/s



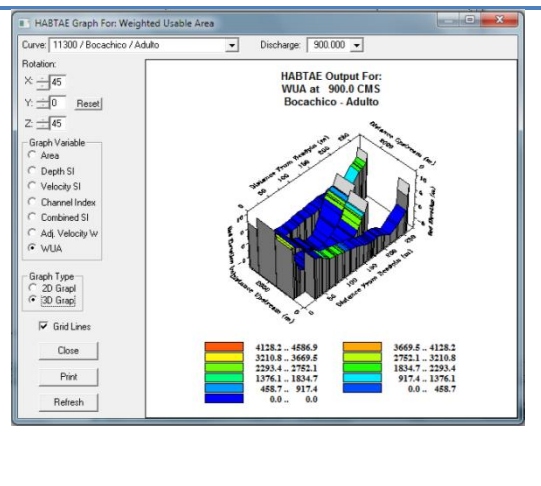
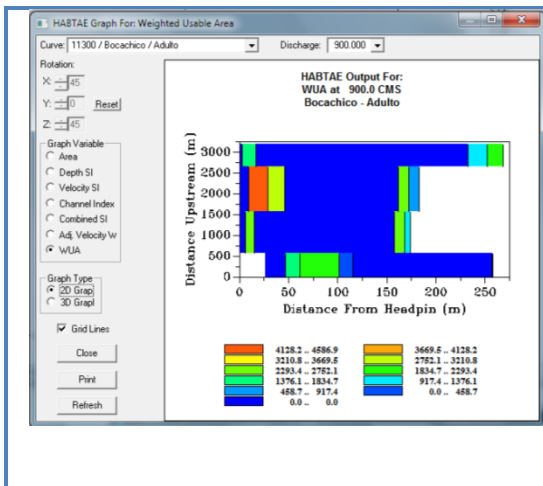
Q = 600 m<sup>3</sup>/s



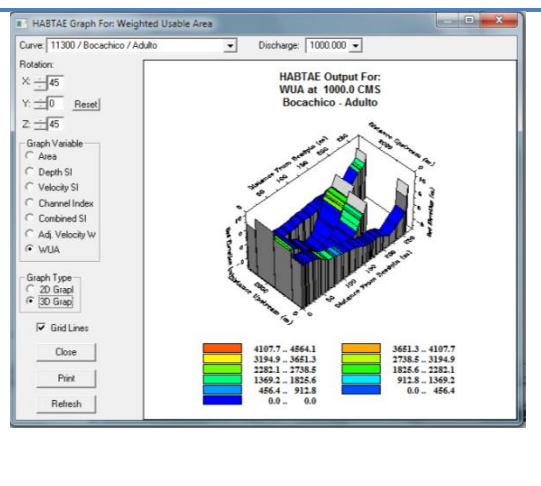
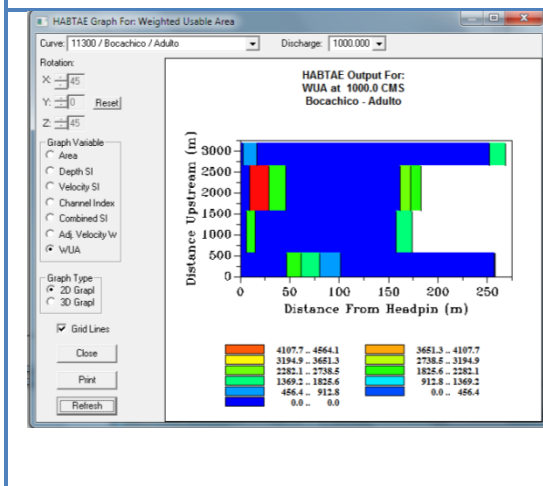
Q = 700 m<sup>3</sup>/s



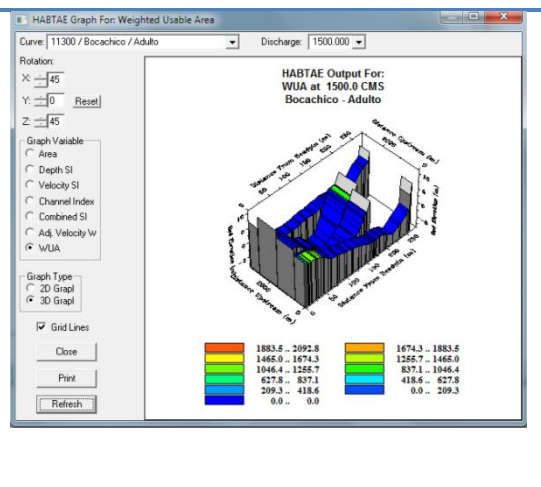
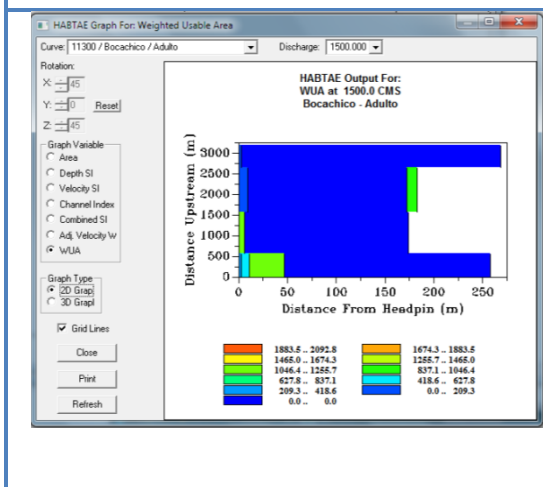
Q = 800 m<sup>3</sup>/s



Q = 900 m<sup>3</sup>/s



Q = 1000 m<sup>3</sup>/s



Q = 1500 m<sup>3</sup>/s

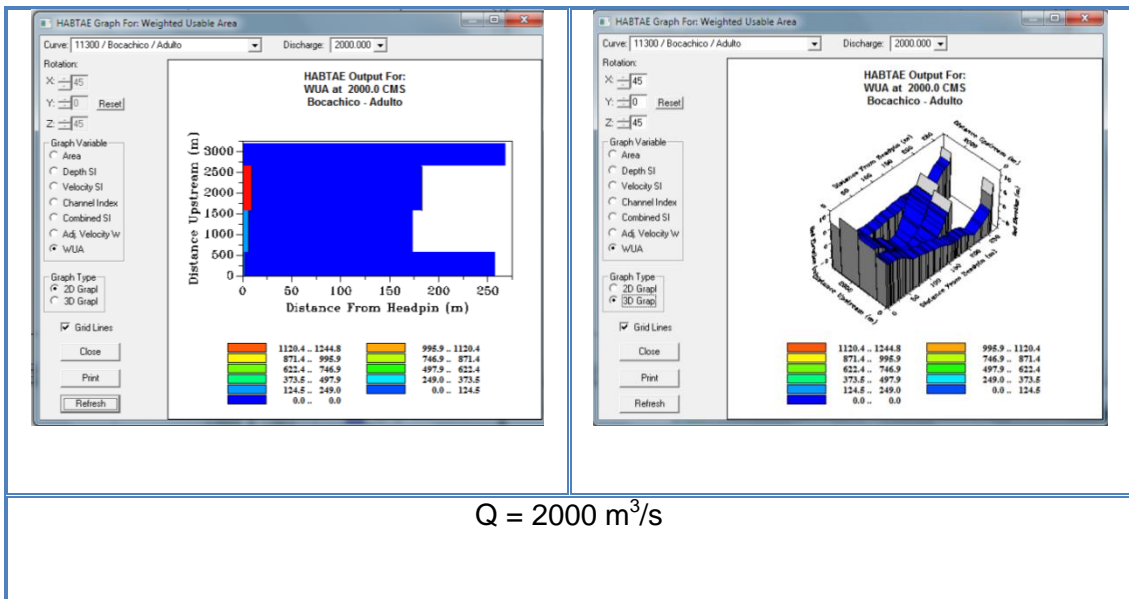


Figura 96. Resultados de Modelo HABTAE – WUA

Fuente: PHABSIM 1.5.1

Elaboración: Humberto Moreno, 2012

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



## CONCLUSIONES

1. En el levantamiento de información secundaria hidrológica respecto a serie de caudales, corrientes, velocidades, y otros; se pudo observar la carencia de información continua y valedera y oficial por parte de las instituciones públicas a cargo (INOCAR, INAMHI, SENAGUA; CEDEGE, otras).
2. En base a la información bibliográfica revisada en el tema biótico, se pudo verificar que existen muy pocos estudios de ictiofauna en los cuerpos de aguas ecuatorianos; que describan de manera detallada los índices históricos de reproducción y mortalidad de las especies, preferencias bióticas del hábitat, estadios de vida y características fisiológicas de los peces. Para el presente proyecto se uso la información bibliográfica disponible, pero además se tuvo que recurrir a encuestar a pescadores y comercializadores de los sitios estudiados, no teniendo una información con sustento científico.
3. Considerando las características del tipo de cuerpos de agua de zonas de la cuenca hidrográfica baja; para la medición de velocidades es necesario usar un equipo que pueda medir o determinar las velocidades y dirección de las

corrientes a diferentes niveles de la columna de agua. Lo anterior, debido a que para el presente proyecto únicamente se procedió a tomar mediciones de velocidad superficial, a 50 y 100 cm de profundidad; dado a los recursos y equipos disponibles.

4. Con las limitaciones de información disponible, y la información levantada en campo se pudo correr el software PHABSIM y el modelo HABTAE; que permitió determinar las preferencias de caudales circundantes de la especie “**Bocachico**” (*Ichthyoelephas humeralis*), en base las preferencias bióticas de las variables: sustrato, profundidad y velocidad.
5. Los resultados de caudales ecológicos del presente estudio, muestran específicamente las preferencias para una especie determinada en un estadio de vida; por lo que no representan de manera general los requerimientos de hábitat de todo el cuerpo de agua.
6. Se pudo confirmar la hipótesis planteada, donde se verificó que el caudal ecológico para el río Daule en el sector de La Toma, adecuado para la especie Bocachico se encuentra entre los 200 y 550m<sup>3</sup>/s.
7. Se confirmó además que el consumo de la Planta de Captación y Tratamiento de Agua Potable La Toma, que es aproximadamente de

12m<sup>3</sup>/s, es un caudal mínimo comparado con los del Río Daule, y por ende no afectaría tampoco a los requerimientos bióticos de la especie Bocachico

## RECOMENDACIONES

1. Se deberán establecer un número mayor de secciones transversales a través de un tramo longitudinal representativo de un cuerpo de agua; que permitan abarcar un mayor número de meso-hábitats. Es importante indicar que para el levantamiento de las secciones transversales es recomendable el uso de equipos técnicos adecuados, que permitan levantar un mayor número de variables con mayor precisión; variables como: pendientes, profundidades, factores de ponderación de cada orilla, niveles de agua en cada una de las orillas de cada sección, entre otros.
2. Es recomendable la realización de monitoreos bióticos de ictiofauna y macro-invertebrados en las diferentes secciones transversales a lo largo de un tramo longitudinal de estudio; en distintas épocas del año para tener una línea base más concreta del tipo de especies que habitan en el cuerpo de agua; así como información de los estadios de vida y preferencias de hábitat de cada especie.
3. Para el establecimiento de un caudal ecológico de un cuerpo de agua determinado, además de los requerimientos bióticos de las especies de

peces y macro-invertebrados, es necesario incluir los requerimientos de los otros implicados o posibles afectados en una modificación del régimen de caudales, tales como: pescadores, agricultores, habitantes, órganos reguladores, empresas hidroeléctricas, empresas de captación de agua, ecologistas, empresas turísticas, entidades públicas, gobiernos seccionales, entre otros. Lo anterior, para que en base a una concertación y acuerdo se determine los regímenes de caudal adecuado para un cuerpo de agua en las diferentes estaciones del año.

4. Considerando que el modelo PHABSIM y Metodología IFIM ha sido aplicado numerosas veces para la determinación del caudal ecológico en cuerpos de agua de cuencas altas; y que cuenta con varias metodologías publicadas para caracterizar el meso-hábitat del cuerpo de agua; es necesario establecer una metodología que sea aplicable para cauces de cuencas bajas, en los que cambia su morfología y condiciones; lo anterior debido a que no se encontró mucha información bibliográfica al respecto.
5. Para establecer un caudal ecológico se deberá escoger un sitio o cuerpo de agua que se vea afectado actualmente o en un futuro, por variaciones significativas en el caudal circundante.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Registro Oficial 725 del 16 de diciembre del 2002 y Decreto Ejecutivo 3516, publicado en el Registro Oficial, Edición Especial No. 2 del 31 de marzo del 200

[2] Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario, Interagua / Envirosoft – Engineering & Science Inc. / Aquatec S. A. 2003 (Información proporcionada por el Ing. Pablo Suárez Changuán.)

[3] Revista de la Universidad de Guayaquil N° 110, Enero – Abril 2011, pp. 5 – 12 ISSN 1019 – 6161, Doble curvatura del Río Babahoyo, IGM 1961  
Revista de la Universidad de Guayaquil N° 110, Enero – Abril 2011

[5] Comportamiento Temporal y Espacial de las características físicas, químicas y biológicas del Golfo de Guayaquil y sus afluentes Daule y Babahoyo entre 1994 y 1996, Instituto Nacional de Pesca - Agosto 1998  
(Chalén, F., E. Pérez y P. Macías)

[6] “Estudio sobre la Biología de Peces del Río Vinces”, Instituto Nacional de Pesca - Agosto 1973

[7] “Aspectos Biológicos y Pesqueros de los Principales Peces del Sistema Hídrico de la Provincia de Los Ríos”, Instituto Nacional de Pesca – 2010

[8] Cada vez menos peces nadan por la cuenca del río Guayas, Diario El Universo 23 de Agosto del 2009

[9] Diario El Universo "Preservación de especies se impulsa en laboratorio", Domingo 23 de Agosto del 2009

[10] Software Physical Habitat Simulation (PHABSIM) Versión 1.5.1. Disponible en

[http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/pub\\_abstract.asp?PubID=22800](http://www.fort.usgs.gov/Products/Publications/pub_abstract.asp?PubID=22800)

- III Curso Internacional de Modelación de Caudales Ecológicos; Juan Manuel Diez Hernández, CATHALAC - Julio 2010
- Evaluación Hidro-Ecológica de Caudales Ambientales: Metodología IFIM; Juan Manuel Diez Hernández
- Software en español para definir Caudales Ecológicos RHABSIM 3.0; Juan Manuel Diez Hernández
- Diseño ecohidrológico de pequeñas centrales hidroeléctricas: evaluación de caudales ecológicos; Juan Manuel Diez Hernández & Sergio Olmeda Sanz. 2008
- DIEZ HERNÁNDEZ, J.M 2006 Modelación Fluvial Multidimensional (1D-D)

Aplicada al Cálculo de Caudales Ecológicos Actas XVII Sem Nacional de  
Hidráulica Hidrología .15-16/09/2006, Popayán

- DIEZ HERNÁNDEZ, J.M .BURBANO BURBANO, L 2007 Revisión de los modelos eco-hidráulicos uni-dimensionales (1D) bi-dimensionales (2D) en corrientes fluviales Avances en Recursos Hidráulicos 15, 75-88
- DIEZ HERNÁNDEZ, J.M .RUIZ COBO, D.H 2007 Determinación de caudales ambientales confiables en Colombia: el ejemplo del Río Palacé (Cauca) Gestión Ambiente 10 (1), 153-166.
- Técnicas avanzadas para la evaluación de caudales ecológicos en el ordenamiento sostenible de cuencas hidrográficas; Juan Manuel Diez-Hernández y Liliana Burbano Burbano. Bogotá 2006
- Evaluación de requerimientos ecológicos para el diseño de regímenes ambientales de caudales fluviales, Juan Manuel Diez-Hernández 2008
- B Directrices para la modelación hidráulica de caudales ambientales mediante la metodología IFIM; Juan Manuel Díez Hernández y Andrés Martínez de Azagra. 2004
- Revisión de los modelos ecohidráulicos unidimensionales (1D) y bidimensionales (2D) en corrientes fluviales; Juan Manuel Diez Hernández &



Liliana Burbano Burbano. 2007

- Evaluación ecohidráulica multidimensional del hábitat acuático en la conservación de hidrosistemas fluviales; Juan Manuel Díez Hernández y

Nelson Obregón Neira. 2008

- Guía Software PHABSIM 1.20.; Prof. Juan Manuel Díez Hernández, 2010
- Fases metodológicas para el establecimiento de caudales ecológicos en el ordenamiento de cuencas hidrográficas, Juan M. Díez-Hernández. 2005
- Recuperación de Ríos Regulados - Modelación Ecohidráulica de Caudales Ecológicos, Juan Manuel Díez Hernández
- Tecnología ecológica para la planificación de cuencas hidrográficas: regímenes caudales ambientales, Juan Manuel Díez Hernández y Liliana Burbano Burbano. 2007
- Determinación de caudales ambientales confiables en Colombia: Ejemplo del río Palacé (Cauca), José Manuel Díez Hernández, Darío Hernán Ruíz 2007
- Evaluación hidrodinámica del hábitat ecohidráulico dirigida a la conservación y restauración de hidrosistemas fluviales; Juan Manuel Díez-Hernández 2008

- Censo Económico y Poblacional 2010, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC.
- Información Geográfica del Instituto Geográfico Militar
- Información Meteorológica INOCAR
- Información Meteorológica e Hidrológica INAMHI
- Información Hidrológica SENAGUA
- Resultados Calidad de Agua Corplab, Proyecto Planta La Toma (Ecosambito), Agosto 2008
- Resultados Calidad de Agua Grupo Químico Marcos, Proyecto Tesis Caudal Ecológico ESPOL, Febrero 2012
- [http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/ichthoelephas\\_humeralis.html](http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/ichthoelephas_humeralis.html)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Ichthoelephas\\_humeralis](http://es.wikipedia.org/wiki/Ichthoelephas_humeralis)
- Información CELEC EP Unidad de Negocios Hidronación
- “El Proyecto Daule Peripa”, Campagna per la Riforma della Banca Mondiale y Centro Legale pro Afro discendenti e Indigeni
- Plan Maestro de Agua Potable de la ciudad de Guayaquil
- Dinámica De Las Mareas, MURRAY 1972
- “Bio-ecología de los Peces del Río Babahoyo y Perspectivas de su cultivo”,

Instituto Nacional de Pesca 1994 -1995

- Guía Ilustrada de la Cuenca del Río Guayas, Universidad de Guayaquil, Diario El Universo, Agosto 2009
- Estudio sobre la Biología de Peces del Río Vinces, Instituto Nacional de Pesca
- Bio-ecología de los Peces del Río Babahoyo y Perspectivas de su cultivo, Instituto Nacional de Pesca
- Aspectos Biológicos y Pesqueros de los Principales Peces del Sistema Hídrico de la Provincia de Los Ríos, Instituto Nacional de Pesca
- Proyecto Línea Base Ambiental del Río Daule desde el punto vista de calidad de agua; Justo Guayamabe, David Matamoros, ESPOL 2006
- Auditoría Ambiental Inicial de las Operaciones e Instalaciones Portuarias existentes de ANDIPUERTO GUAYAQUIL S.A., Ecosambito C. Ltda. 2008
- Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Muelle de Receptorías Salinas de la Armada del Ecuador, Ecosambito C. Ltda. 2010
- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL EX POST Estación Científica Pedro Vicente Maldonado Islas Shetland del Sur – Antártida Instituto Antártico Ecuatoriano INAE, Ecosambito C. Ltda. 2010

- Determinación del Régimen de Caudales Ecológicos para algunos tramos del río de la cuenca del Balsas, José López, México 2009
- Estudio de Impacto Ambiental Ex – Post de Planta de Potabilización de Agua La Toma INTERAGUA, Ecosambito C. Ltda. 2008
- Contaminación del Daule acaba la vida acuática y los usos del río, Diario El Universo, 8 de Enero 2011
- CADA VEZ MENOS BOCACHICO, eltiempo.com, 17 de marzo de 2000
- SERVICIO DE CONSULTORIA PARA LA SISTEMATIZACION Y SEGUIMIENTO DE LA APLICACIÓN DE METODOLOGIAS DE DETERMINACION DEL CAUDAL ECOLOGICO EN CUENCAS HIDROGRAFICAS EN EL MARCO DE LAS ACCIONES DE SEGUIMIENTO E INTERVENCION, Ing. Msc. Guillermo Vílchez Ochoa, Perú 2010
- Análisis de Criterios Hidroambientales en el Manejo de Recursos Hídricos. Diseño del Plan de Monitoreo para la determinación de caudales ecológicos; DIVISIÓN RECURSOS HÍDRICOS y MEDIO AMBIENTE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD DE CHILE 2998
- Enfoques teóricos para definir el caudal ambiental; Lina M. castro, Yesid Carvajal y Elkin A. Monsalve. 2006

- El concepto de caudal ecológico y criterios para su aplicación en los ríos españoles; Diego García de Jalón y Marta González del Tánago. 1998
- Conceptos básicos para la aplicación del caudal ecológico en los ríos ibéricos; Alberto Agirre & Begoña G. de Bikuña.
- Caudal Ambiental, Elementos esenciales de caudales ambientales, UICN Iniciativa Agua y Naturaleza. 2003
- The instream flow incremental methodology. A primer for IFIM. National Biological Service – U.S. Department of the Interior. 1995
- A Survey Of Methods For Setting Minimum Instream Flow Standards In The Caribbean Basin; F. N. Scatena. 2004
- Redundancy and the choice of hydrologic indices for characterizing streamflow regimes; Julian D. Olden. 2003
- Fish response to modified flow regimes in regulated rivers: research methods, effects and opportunities; K. J. Murchie, K. P. E. Hair, C. E. Pullen, T. D. Redpath, H. R. Stephensb And S. J. Cooke. 2008
- Stream hábitat analysis using the instream flow incremental methodology. U. S. Geological Survey – Biological Resources Division. 1998
- Development and evaluation habitat suitability criteria for use in the instream

flow incremental methodology. Instream flow information paper No. 21. Ken

O. Bovee; National Ecology Center – U. S. fish and wildlife service

- El Proyecto Daule Peripa, Las responsabilidades italianas en la deuda ilegítima de Ecuador; Campagna per la riforma della Banca Mondiale Marzo 2009
- Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador, Distrito de Mobile y Centro de Ingeniería Topográfica del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de America, Septiembre 1998
- VII Exhibición Premier de Tecnologías en calidad del agua y ambiente, Ecuambiente Agosto 2007
- El Antiguo Mar de Guayaquil. La Cuenca del Río Guayas. (The Old Sea of Guayaquil. Guayas River Basin.), Luis Marin-Nieto Revista de la Universidad de Guayaquil Enero – Abril 2011
- HISTORIA DEL FINANCIAMIENTO DAULE-PERIPA, Diario Hoy Publicado el 04/Diciembre/1992
- Estudio Técnico Eléctrico Presa Daule Peripa
- Evaluación de las Inundaciones de la Cuenca Baja del Guayas, Datos y Manejo, Augusto González, Jorge Acosta, CLIRSEN 2008

- Tesis Estudio de los componentes del sistema de protecciones de la central hidroeléctrica Marcel Laniado de Wind; Xavier Guerrero, Joffre Mieles, Cecilia Zhunio, ESPOL 2002
- Impactos ambientales Presa hidráulica, [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- HIDROLOGIA I, Trabajo Práctico N° : AFOROS DIRECTOS
- EVALUACIÓN DEL MÉTODO DEL TRAMO
- REPRESENTATIVO EN LA CUANTIFICACIÓN DEL HÁBITAT FLUVIAL, F.J. SANZ RONDA<sup>1</sup>, A. MARTÍNEZ DE AZAGRA<sup>1</sup> Y E. ARENAL GUTIÉRREZ 2005
- [www.mesohabsim.org](http://www.mesohabsim.org)
- ESTUDIO INTEGRAL DEL ESTADO ECOLÓGICO DE LA CUENCA DEL RÍO LAGARES M<sup>a</sup> Teresa García Bernadal. Diciembre de 2010
- Fish Habitat Assessment on Stony Clove Creek, NY using MesoHABSIM, Instream Habitat Program Department of Natural Resources Cornell University Ithaca, NY 14853
- HABITAT ASSESSMENT AND PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS; Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, Second Edition

- A Meso-scale Habitat Classification Method for Production Modelling of Atlantic Salmon in Norway. P. Borsányi & K. Alfredsen, A. Harby, O. Ugedal, C. Kraxner
- MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL
- Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum, GEOFFREY C. POOLE 2002
- Regional Meso-scale Habitat Models for Environmental Flows Assessment, Paolo Vezza 2010
- PLANIFICACION DE EXPLOTACIONES ACUICOLAS. CULTIVO DE PECES EN ESTANQUE, SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA CENTRO DE ATENCION INTEGRAL AL SECTOR AGROPECUARIO
- Preservación de especies se impulsa en laboratorio, Diario El Universo 23 de Agosto del 2009
- ESTADO DE LA POBLACION DE BOCACHICO, PROCHILODUS MAGDALENAE (PISCES: CHARACIFORMES), Y SU MANEJO EN LA CUENCA DEL RIO SINU, COLOMBIA, Mauricio Valderrama B. & Delio Solano, 2004
- COEFICIENTE DE MANNING, Lina Marcela Duque Guzmán



- Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains; GEORGE J. ARCEMENT, JR., and VERNE R. SCHNEIDER; United States Geological Survey Water-Supply Paper 2339
- Coeficiente de Rugosidad de Manning en canales revestidos y sin revestir
- AADLAND, L. P. 1993. Stream Habitat Types: Their Fish Assemblages and Relationship to Flow North American Journal of Fisheries Management, 13: 90-806.
- AADLAND, L. P., WALTNER C.M., NEGUS M.T., DREWES H. G. ANDERSON, C.S. 1989. Microhabitat criteria for selected stream fishes and methodological considerations for instream flow studies in Minnesota. Minnesota Department of Natural Resources, Section of Fisheries, Technical Report. St. Paul, Minnesota
- BEARD, T.D CARLINE, R.F. 1991. Influence of spawning and other stream habitat features on spatial variability of wild brown trout. Transactions of American Fisheries Society, 120: 711-722.
- BESCHTA, R.L. JACKSON, W.L. 1979. The intrusion of fine sediments into stable gravel bed. Journal of Fisheries Research Board of Canada, 36: 207-

- BISSON, P.A., NIELSEN, J.L., PALMASON, R.A. GROVE, L.E. 1982. system of naming habitat types in small streams, with examples of habitat utilization by salmonids during low streamflow. Pp: 62-73, en: Acquisition and utilization of aquatic habitat inventory inform. ARMANTROUT, N.B. (Ed). American Fisheries Society, Western Division. Bethesda, Maryland
- BOGAN, A.E. 1993. Freshwater bivalve extinctions (Mollusca: Unionida): search for causes. American Zoologist, 33: 599-609
- BOVEE, K. D. 1982. guide to stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. Instream Flow Information Paper No. 12. U.S. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-82/26. Fort Collins, Colorado. 248 pp.
- BOVEE, K. D. 1986. Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper No. 21. U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Report 86(7). 235 pp.
- BOVEE, K. D., GORE, J. SILVERMAN, A. J. 1977. Field testing and adaptation of methodology to measure instream values in the Tongue River, Northern Great Plains Region. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Energy Activities, Contract 68-01-2653

- BOVEE, K.D. COCHNAUER, T. 1977. Development and evaluation of weighted criteria, probability-of-use curves for instream flow assessments: fisheries. Instream Flow Information Paper No. 3. USDI Fish and Wildlife Service, Office of Biological Service. FWS/OBS-77/63. 39 p.
- BOVEE, K.D. MILHOUS, R. T. 1978. Hydraulic simulation in instream flow studies: theory and techniques. Instream Flow Information Paper No. 5. U.S. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-78/33. 130 pp.
- BOVEE, K. D, LAMB, B.L., BARTHOLOW, J.M., STALNAKER, C.B., TAYLOR, J. HENRIKSEN, J. 1997. Stream Habitat Analysis Using The Instream Flow Incremental Methodology. Information and Technology Report 1997-0003 (interim version). U.S. Geological Survey, Biological Resources Division. Fort Collins, Colorado. 172 pp.
- BREN, L.J. 1992. Tree invasion of an intermitent wetland in relation to changes in the flooding frequency of the river Murray, Australia. Australian Journal of Ecology, 17: 395-408.
- BRINSON, M.M., BRADSHAW, H.D. HOLMES, R.N. 1983. Significance of floodplain sediments in nutrient exchange between stream and its floodplain. Pp: 199-221, en: Dynamics of lotic ecosystems. FONTAINE, T.D. BARTELL,

S.M. (Eds). Ann Arbor Science. Michigan.

- BUCHANAN, T.J. SOMERS, W.P. 1968. Discharge measurements at gaging stations. Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey, Book 3, Chapter A8. U.S. Geological Survey. Washington D.C. 65 pp.
- CHAPMAN, R.J., HINCKLEY, T.M., LEE, L.C. TESKEY R.O. 1982. Impact of water level changes on woody riparian and wetland communities. Vol. 10. U.S. Fish Wildlife Service. OBS-82/83. Kearnesysville, WV.
- COBB, S.P. CLARK, J.R. 1981. Aquatic habitat studies on the lower Mississippi River, river mile 480 to 530. U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station. Miscellaneous Paper E-80-1. 23 pp.
- COLLINGS, M.R. 1972. methodology for determining instream flow requirement for fish. Pp: 72-86, en: Proc. Of Instream Flow Methodology workshop. Washington Department of Ecology. Olympia, Washington.
- CUSHMAN, R.M. 1985. Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities. North American Journal of Fisheries Management, 5: 330-339.
- DEGEMAN, E., FOGELGREN, J.E., TENGELIN, B. THORNELOF, E. 1986.

Occurrence of salmonid parr and eel in relation to water quality in small streams on the West Coast of Sweeden. *Water Air Soil Pollution*, 30: 665-671.

- DUNBAR, M.J., GUSTARD, A., ACREMAN, M.C. ELLIOT, C.R. 1998. Overseas approaches to setting River Flow Objectives. Institute of Hydrology, Environment Agency, R&D Technical Report W6-161. Wallingford, Reino Unido.
- DUNCAN, R.P. 1993. Flood disturbance and the coexistence of species in lowland podocarp forest, south Westland, New Zealand *Journal of Ecology*, 81: 403-416
- ELSER, J.J. KIMMEL, B.L. 1984. Nutrient availability for phytoplankton production along headwater-to-mainstem reservoir gradient. ORNL/TM-8858. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge, Tennessee.
- FAUSCH K.D. BESTGEN, K.R. 1997. Ecology of fishes indigenous to the central and southwestern Great Plains. Pp: 131-166, en: *Ecology and Conservation of Great Plains vertebrates*. KNOPF, F.L. SAMSON F.B. (Eds). Springer-Verlag. New York.
- FRISSELL, C.A., LISS, W.J., WARREN, C.E. HURLEY, M.D. 1986.

hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in watershed context. *Environmental Management*, 10(2): 199-240.

- GARCÍA DE JALÓN, D .1987 .River Regulation in Spain .*Regulated Rivers: Research Management*, 1: 343-348 .
- GEHRKE, P.C., BROWN, P., SCHILLER, C.B., MOFFATT, D.B. BRUCE, A.M. 1995. River regulation and fish communities in Murray-Darling river system, Australia. *Regulated Rivers: Research Management*, 11: 363-375
- GIPPEL, C.G. STEWARDSON, M.J. 1995. Development of an environmental flow management strategy for the Thomson River (Victoria, Australia). *Regulated Rivers: Research and Management*, 10: 121-136.
- HAMILTON, K .BERGERSEN, E.P .1984 .Methods to Estimate Aquatic Habitat Variables .Colorado Cooperative Fishery Research Unit, Colorado State University .Fort Collins, Colorado.
- HARDY, T.B. 2002. The Theory and Application of the PHABSIM for Windows (PHABWin2002). Institute for Natural System Engineering, Utah Water Research Laboratory, Utah State University. Logan, Utah
- HARMS, W.R., SCHEREUDER, H.T., HOOK, D.D., BROWN, C.L. SHROPSHIRE, F.W. 1980. The effects of flooding on the swamp forest in

Lake Oklawaha, Florida. *Ecology*, 61: 1412-1421

- HEGGE, O., HESTHAGEN, T. SKURDAL, J. 1993. Juvenile competitive bottlenecks in the production of brown trout in hydroelectric reservoirs due to intraspecific habitat segregation. *Regulated Rivers*, 8: 41-48.
- HILL, M. T., PLATTS, W.S. BESCHTA, R.L. 1991. Ecological and Geomorphological Concepts for Instream and Out-of-Channel Flow Requirements. *Rivers*, □ (3): 198-210.
- HORTON, J.S. 1977. The development and perpetuation of the permanent tamarisk type in the phreatophyte zone of the Southwest. Pp: 124-127, en: General Technical Report No. RM-43. USDA Forest Service.
- JOHNSON, W.C. 1994. Woodland expansion in the Platte River, Nebraska: patterns and causes. *Ecological Monographs*, 64: 45-84.
- JOWETT, I. G. 1992. Models of the abundance of large brown trout in New Zealand rivers. *North American Journal of Fisheries Management*, 12: 417-432
- JOWETT, I.G. 1993b. method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 27: 241-248.

- JUNK, W.J., BAYLEY, P.B. SPARKS, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106: 110-127.
- KARR, J.R. DUDLEY.D.R. 1981. Ecological perspectives on water quality goals. Environmental Management, 5: 55-68
- KRAFT, M.E. 1972. Effects of controlled flow reduction on trout stream. J. Fish. Res. Board Can., 29: 1405-1420.
- MADER, H., MEIXNER, H. HABERSAK, H. 1999. Cluster analysis, tool for setting up river typologies. Proceedings of the 3rd International Symposium on Ecohydraulics. Salt Lake City, Utah.
- MCCAIN, M., FULLER, D., DECKER, L. OVERTON, K. 1990. Stream habitat classification and inventory procedures for northern California. FHC Currents. No.1. U.S. Department of Agriculture. Forest Service, Pacific Southwest Region (<http://www.krisweb.com/stream/habtyp.htm>).
- MELP (Ministry of Environment, Lands Parks). 1998. Manual of Standard Operation Procedures for Hydrometric Surveys in British Columbia. Resources Inventory Committee. British Columbia, Canada. Disponible en: <http://www.for.gov.bc.ca/ric>



- MILHOUS, R.T. 1990. User's Guide to Physical Habitat Simulation System □  
Version II. Instream Flow Paper No. 32. U.S. Fish and Wildlife Service  
Biological Report 90. Fort Collins, Colorado.
- MILHOUS, R.T. 1999. History, Theory, use, and limitations of the Physical  
Habitat Simulation System. Proceedings of the 3rd International Symposium  
on Ecohydraulics. Salt Lake City, Utah.
- MOORE, K.M.S. GREGORY, S.V. 1988. Response of young-of-the-year  
cutthroat trout to manipulations of habitat structure in small stream.  
Transactions of the American Fisheries Society, 117: 162-170
- MORISAWA, M. 1968. Streams, their dynamics and morphology. McGraw-  
Hill. New York.
- MOSLEY, M. P. JOWETT, I.G. 1985. Fish habitat analysis using river flow  
simulation. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 19  
(3): 293-309.
- NÆSJE T., JONSSON, B SKURDAL, J 1995 Spring flood: primary cue for  
hatching of river spawning Coregoninae Canadian Journal of Fisheries and  
Aquatic Sciences, 52: 2190-2196
- NILSSON, C. 1982. Effects of stream regulation on riparian vegetation. Pp:

93-106, en: Regulated Rivers.

- LILLEHAMMER, A. SALTVEIT, S.J. (Eds). Columbia University Press. New York.
- ORTH, D.J. 1987. Ecological considerations in the development and application of instream flow habitat models. *Regulated Rivers: Research and Management*, 1: 171-181.
- PARASIEWICZ, P. 2001. MesoHABSIM: concept for application of instream flow models in river restoration planning. *Fisheries* 26 (9): 6-13
- PAYNE, T. R. 1995. IFIM: In Fact It's Magic. *Rivers*, (1): 56-57.
- PENNAK, R.W. 1979. The dilemma of stream classification. Pp: 59-66, en: *Classification, inventory and analysis of fish and wildlife habitat*. U.S. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-78/76
- PETTS, G.E. 1984. *Impounded rivers: perspectives for ecological management*. John Wiley Sons. New York.
- POFF, N.L., WARD, J.V. 1989. Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure: regional analysis of streamflow pattern. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46: 1805-1818.

- POWER, M.E. 1992. Hydrologic and trophic controls of seasonal algal blooms in northern California rivers. *Archiv für hydrobiologie*, 125: 385-410
- PRATT, N., MUÑOZ, I., CAMP, J., COMIN, F.A., LUCENA, J.R., ROMERO, J. VIDAL, M. 1988. Seasonal changes in particulate organic carbon and nitrogen in the river and drainage channels of the Ebro Delta (NE Spain). *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 23: 1344-1349
- REILEY, P.W. JOHNSON, W.C. 1982. The effects of altered hydrologic regime on tree growth along the Missouri River in North Dakota. *Canadian Journal of Botany*, 60: 2410-2423
- REISER, D.W., RAMEY, M.P., BECK, S., LAMBERT, T.R. GEARY, R.E. 1989b. Flusing flow recommendations for maintenance of salmonid spawning gravels in steep, regulated stream. *Regulated Rivers: Research Management*, 3: 267-275
- RESH V. H, BROWN, A.V., COVICH, A.P., GURTZ, M.E., LI, H.W., MINSHALL, G.W., REICE, S.R., SHELDON, A.L.,
- WALLACE, J.B. WISSMAR, R. 1998. The role of disturbance in stream ecology. *Journal of the North American Benthological Society*, 7: 433-455
- RICHARDS, K. 1982. Rivers form and process in alluvial channels.

Methuen. New York

- RITCHER, B.D., BAUMGARTNER, J.V., POWELL, J. BRAUN, D.P. 1996. method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. Conservation Biology, 10: 1163-1174.
- RITCHER, B.D., BAUMGARTNER, J.V., WIGINGTON, R. BRAUN, D.P. 1997. How much water does river need?. Freshwater Biology, 37: 231-249.
- ROSGUEN, D.L. 1996. Applied river morphology. Wildland Hydrology. Pagosa Springs, Colorado
- SANZ RONDA, F.J. MARTÍNEZ DE AZAGRA, A. 1999. Utilización de la inventariación fluvial en la aplicación de la metodología IFIM. En: Libro de actas del □ Congreso de Caudales Ecológicos. Terrassa
- SCHEIDEGGER, K.J. BAIN, M.B. 1995. Larval fish in natural and regulated rivers: assemblage composition and microhabitat use. Copeia, 1995:125-135.
- SCHLOSSER, I. J. 1982. Fish community structure and fuction along two habitat gradients in headwater stream. Ecological Monographs, 52: 395-414
- SCOTT, M.L., FRIEDMAN, J.M. AUBLE, G.T. 1996. Fluvial processes and the establishment of bottomland trees. Geomorphology, 14: 327-339

- STALNAKER, C.B., LAMB, B.L, HENRIKSON, J., BOVEE, K.D.  
 BARTHOLOW, J. 1995. The Instream Flow Incremental Methodology.  
 Primer for IFIM. Biol. Rpt. 29, National Biological Service. Washington D.C.
- STANFORD, J.A. WARD, J.V. 1979. Stream regulation in North America.  
 Pp: 215-236, en: The ecology of regulated streams. WARD, J.V.  
 STANFORD, J.A. (Eds). Plenum Press. New York.
- TAYLOR, D.W 1982 Eastern Sierra riparian vegetation: ecological effects of  
 stream diversion Mono Basin Research Group Contribution No 6, Report to  
 Inyo National Forest
- THEURER, F.D., VOOS, K.A. MILLER, W.J. 1984. Instream water  
 temperature model. Instream Flow Information Paper No. 16. U.S. Fish and  
 Wildlife Service FWS/OBS-84/15. Fort Collins, Colorado.
- THOMAS, J.A. BOVEE, K.D. 1993. Application and testing of procedure to  
 evaluate transferability of habitat suitability criteria. Regulated Rivers:  
 Research Management, 8: 285-294.
- TRIHEY, E.W. BALDRIGE, J.E. 1985. An Empirical Approach for Evaluating  
 Microhabitat Response to Streamflow in Steep-Gradient, Large Bed-Element  
 Streams. En: Proc. Symposium on Small Hydropower and Fisheries. Aurora,

## Colorado

- VALENTIN, S., WASSON, J.G. PHILIPPE, M. 1995. Effects of hydropower peaking on epilithon and invertebrate community trophic structure. *Regulated Rivers: Research Management*, 10: 105-119.
- WADDLE, T. (Ed). 2001. PHABSIM for Windows: User's Manual and Exercises. U.S. Geological Survey. Fort Collins, Colorado. 288 pp.
- WALKER, K.F., SHELDON, F. PUCKRIDGE, J.T. 1995. perspective on dryland river ecosystems. *Regulated Rivers: Research Management*, 11: 85-104.
- WARD, J.V. STANFORD, J.A. 1979. The ecology of regulated streams. Plenum Press. New York
- WATERS, B.F. 1976. methodology for evaluating the effects of different streamflows on salmonid habitat. Pp: 334-343 (Vol. II), en: Proceedings of the Symposium and Specialty Conference on Instream Flow Needs. OSBORN, J.B. ALLMAN, C.H. (Eds). Am. Fish. Soc. Bethesda, Maryland.
- WILLIAMS, J.G. 1996. Lost in space: minimum confidence intervals for idealized PHABSIM studies. *Transactions of the American Fisheries Society*, 125: 458-465.

## **ANEXO 1. Información para Modelo PHABSIM**

**ANEXO 2. Resultados de Análisis de la Calidad de Agua (Grupo  
Químico Marcos)**



### **ANEXO 3. Formato Encuestas Realizadas**

## **ANEXO 4. Mapa de Secciones Transversales**

## **ANEXO 5. Mapas Temáticos**