

Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la
Microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras

LISANDRO HUMBERTO RIVERA TORRES

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO



"EVALUACIÓN DE LA AMENAZA Y VULNERABILIDAD A INUNDACIONES EN LA
MICROCUENCA LA SOLEDAD, VALLE DE ÁNGELES, HONDURAS
Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para
el Desarrollo y la Conservación del
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar
al grado de:

Magister Scientiae

Por

LISANDRO HUMBERTO RIVERA TORRES

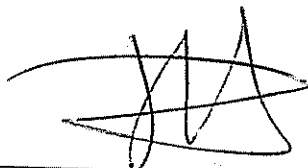
Turrialba, Costa Rica

2002

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

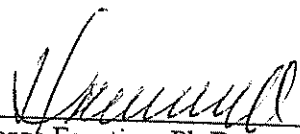
FIRMANTES:



Hernán Solís, Ph.D.
Consejero Principal



Francisco Jiménez, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Jorge Faustino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Ali Moslemi, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



Lisandro Humberto Rivera Torres
Candidato

DEDICATORIA

A DIOS, Porque Él me ha iluminado por el sendero de la sabiduría, Porque me ha concedido vida y salud para culminar con éxito este objetivo.

A mi madre y padre (QEPD), por todo el amor, comprensión y apoyo dado, para lograr esto que es éxito de ellos.

A mi esposa y dos hijos por todo el amor, comprensión y apoyo para lograr esto que también es éxito de ellos.

A mi hermana y hermanos, sobrinas y sobrinos, por el apoyo que me han brindado.

A mis amigos y amigas.

AGRADECIMIENTOS

Al doctor Hernán Solís, Profesor consejero, por todo su apoyo y estímulo para la realización de la investigación, sus consejos y orientación fueron apoyo fundamental, con especial gratitud.

A los doctores Francisco Jiménez y Jorge Faustino, quienes como miembros del comité asesor de tesis, contribuyeron con sus valiosas sugerencias para enriquecer esta tesis.

Al Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales y en especial a la ingeniera Martha Flores por sus sugerencias y excelentes aportes técnicos, al licenciado Darío Núñez por sus consejos, a los ingenieros Abner Jiménez y Alexander Hernández por apoyar en los trabajos de Sistemas de Información Geográfica, al doctor Gilberto Páez por sus valiosas sugerencias y al bibliotecólogo Rigoberto Aguilar por revisar la literatura citada.

A la Agencia para el Desarrollo Internacional del Gobierno de los Estados Unidos (USAID) a través del Proyecto de Desarrollo Forestal - Escuela Nacional de Ciencias Forestales (PDF-ESNACIFOR) por haberme otorgado la beca de estudios en CATIE. Agradecimientos especiales a La Señora Mima González (funcionaria de USAID), por la excelente atención de la beca y satisfacción de solicitudes estudiantiles.

A los representantes de las organizaciones locales, representantes de las comunidades del Municipio de Valle de Ángeles y a los productores, hombres y mujeres, que decidieron participar y colaborar en la fase de campo y talleres municipales.

Al personal de FOCUENCAS por su empeño tesonero en el manejo adecuado de Microcuenca La Soledad y permitirme trabajar para lograr un resultado que sea útil para la toma de decisiones de la Municipalidad de Valle de Ángeles.

A mis amigos y amigas de la promoción del 2001 por compartir los buenos y malos momentos de nuestra estadía en CATIE.

A mis amigos y amigas en Honduras y Costa Rica por sus gestos de ánimo brindados, a fin de lograr esta meta.

BIOGRAFIA

El autor nació el 23 de septiembre de 1966 en la Villa de San Antonio, Comayagua, Honduras. En 1986 ingresa a la Escuela Nacional de Ciencias Forestales donde obtiene el título de Dasónomo en 1988.

En junio de 1998 ingresa a la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, graduándose de Ingeniero Forestal en abril del 2000.

En enero de 1989 ingresa a la Industria Honduras Plywood, S. A, donde labora como técnico forestal encargado de los aprovechamientos forestales de Plantel Culmí y La Unión, Olancho, hasta junio de 1998.

En abril del 2000 ingresa a la Unidad Municipal Ambiental (UMA) de la Villa de San Antonio, Comayagua, donde labora como técnico ambiental y forestal de la municipalidad, hasta diciembre del 2000.

En enero del 2001 ingresa al Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del CATIE, con el apoyo financiero de la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos, donde obtiene el grado de Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, con subespecialidad de Administración y Gerencia Ambiental, en diciembre del 2002.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFIA.....	V
CONTENIDO	VI
LISTA DE CUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XI
LISTA DE ANEXOS.....	XII
RESUMEN.....	XV
SUMMARY	XVII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 EL PROBLEMA	1
1.2 RELEVANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
1.4 HIPÓTESIS.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 INUNDACIONES Y ÁREAS DE INUNDACIÓN.....	5
2.2 PREVENCIÓN DE INUNDACIONES.....	6
2.3 MODELOS Y ANÁLISIS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS	7
2.3.1 <i>Modelo hidrológico</i>	7
2.3.1.1 Sistema de modelación hidrológica utilizando HEC-HMS	7
2.3.1.2 Hidrograma.....	10
2.3.2 <i>Modelación hidráulica</i>	11
2.3.3 <i>Sistemas de Información Geográfica</i>	12
2.4 VULNERABILIDAD.....	13
2.4.1 <i>Vulnerabilidad global</i>	14
2.4.2 <i>Vulnerabilidad física</i>	15
2.4.3 <i>Vulnerabilidad social</i>	15
2.4.4 <i>Vulnerabilidad ecológica</i>	15
2.4.5 <i>Vulnerabilidad económica</i>	15
2.4.6 <i>Vulnerabilidad política</i>	16
2.4.7 <i>Vulnerabilidad técnica</i>	16
2.4.8 <i>Vulnerabilidad ideológica</i>	16
2.4.9 <i>Vulnerabilidad educativa</i>	16
2.4.10 <i>Vulnerabilidad institucional</i>	17
2.5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	17
2.6 ALGUNAS EXPERIENCIAS EN ESTUDIOS DE MODELACIÓN Y VULNERABILIDAD.....	17
2.6.1 <i>Experiencias en modelación para determinar planicies de inundación</i>	17
2.6.2 <i>Experiencias en vulnerabilidad</i>	18
2.7 REDUCCIÓN DE DAÑOS POR INUNDACIÓN	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21

3.1	ASPECTOS GENERALES DE LA METODOLOGÍA	21
3.2	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	21
3.3	CARACTERIZACIÓN FÍSICA	23
3.3.1	<i>Climatología</i>	23
3.3.2	<i>Geología</i>	23
3.3.3	<i>Fisiografía</i>	23
3.3.4	<i>Características de los suelos</i>	23
3.3.5	<i>Amenazas a deslizamientos</i>	24
3.3.6	<i>Otras amenazas en la Microcuenca La Soledad</i>	24
3.4	CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA REGIONAL	24
3.5	CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES	25
3.5.1	<i>Recursos forestales</i>	25
3.5.2	<i>Áreas protegidas</i>	25
3.5.3	<i>Recursos hídricos</i>	26
3.6	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	26
3.7	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	27
3.7.1	<i>Información pluviográfica</i>	27
3.7.2	<i>Información pluviométrica</i>	30
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	30
3.8.1	<i>Distribución tipo III Log-Pearson</i>	31
3.8.2	<i>Cálculo de parámetros estadísticos</i>	31
3.9	MODELACIÓN HIDROLÓGICA.....	37
3.9.1	<i>Procesamiento en el sistema de información geográfico</i>	40
3.9.2	<i>Cálculo del número de curva (CN)</i>	41
3.9.2.1	<i>Cálculo de CN(II)</i>	41
3.9.2.2	<i>Cálculo de CN(III)</i>	41
3.9.2.3	<i>Cálculo de CN(III) Medio</i>	41
3.10	USO DE HEC-HMS	42
3.11	MODELACIÓN HIDRÁULICA	46
3.11.1	<i>Análisis de las planicies de inundación</i>	46
3.11.2	<i>Datos geométricos</i>	47
3.11.3	<i>El sistema esquemático del río</i>	47
3.11.4	<i>Geometría de la sección transversal</i>	48
3.11.5	<i>Longitud del tramo</i>	51
3.11.6	<i>"n" de Manning</i>	51
3.11.7	<i>Datos de flujo permanente</i>	53
3.11.8	<i>Régimen de flujo</i>	53
3.11.9	<i>Análisis del tipo de flujo</i>	53
3.11.10	<i>Introducción de pendientes (S)</i>	53
3.11.11	<i>Condiciones de frontera</i>	54
3.11.12	<i>Profundidad normal</i>	54
3.11.13	<i>Información de caudales</i>	54
3.11.14	<i>Limitaciones del programa HEC-RAS</i>	57
3.11.15	<i>Pasos de modelación hidráulica</i>	58
3.12	HEC-GEORAS.....	59
3.13	VISITAS PRELIMINARES	60
3.14	TALLERES	61
3.15	SITIOS CRÍTICOS	65
3.16	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL.....	65
3.16.1	<i>Procedimiento metodológico</i>	65
3.16.1.1	<i>Reconocimientos de campo del área y recopilación de la información</i>	65

3.16.1.2	Selección de variables del factor socioeconómico y biofísico para estimar la vulnerabilidad.....	66
3.16.1.3	Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad	71
3.16.1.4	Evaluación de los datos para estimar vulnerabilidad de la microcuenca	77
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	80
4.1	CAUDALES PICOS DE CADA SUBCUENCA	80
4.1.1	<i>Análisis de resultados de caudales picos</i>	85
4.2	DETERMINACIÓN DE PLANICIES DE INUNDACIÓN Y SITIOS CRÍTICOS.....	85
4.2.1	<i>Análisis de resultados de planicies de inundación y sitios críticos</i>	96
4.3	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A INUNDACIONES EN LA MICROCUENCA DEL RÍO LA SOLEDAD.....	98
4.3.1	<i>Análisis de resultados de evaluación de vulnerabilidad</i>	99
4.4	ESTRATEGIAS PARTICIPATIVAS Y RECOMENDACIONES PARA REDUCIR LA AMENAZA Y VULNERABILIDAD A INUNDACIONES.....	101
4.4.1	<i>Estrategias a largo plazo</i>	101
4.4.2	<i>Estrategias a corto plazo</i>	102
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
5.1	CONCLUSIONES	105
5.2	RECOMENDACIONES	107
6.	LITERATURA CITADA.....	109
7.	ANEXOS.....	114

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Precipitación horaria de hietograma Mitch de estación Tegucigalpa	29
Cuadro 2. Lluvias máximas anuales del período de 1985 a 2001.....	30
Cuadro 3. Precipitaciones máximas a diferentes períodos de retorno	44
Cuadro 4. Caracterización e índices de vulnerabilidad	71
Cuadro 5. Ponderación de la variable: Escolaridad	72
Cuadro 6. Ponderación de la variable: Programas de educación ambiental	72
Cuadro 7. Ponderación de la variable: Programas radiales de información ambiental.....	72
Cuadro 8. Ponderación de la variable: Asistencia técnica a productores.....	72
Cuadro 9. Ponderación de la variable: Planes de prevención de inundaciones	73
Cuadro 10. Ponderación de la variable: Instituciones presentes en la zona	73
Cuadro 11. Ponderación de la variable: Coordinación interinstitucional.....	73
Cuadro 12. Ponderación de la variable: Capacitación del personal técnico.....	73
Cuadro 13. Ponderación de la variable: Liderazgo en la comunidad para la toma de decisiones.....	73
Cuadro 14. Ponderación de la variable: Organización social comunitaria.....	74
Cuadro 15. Ponderación de la variable: Apoyo del Estado en proyectos comunales.....	74
Cuadro 16. Ponderación de la variable: Aplicación de leyes para la construcción	74
Cuadro 17. Ponderación de la variable: Fuentes de empleo	74
Cuadro 18. Ponderación de la variable: Poder adquisitivo de tierras.....	74
Cuadro 19. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante una inundación	75
Cuadro 20. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante la amenaza de una inundación.....	75
Cuadro 21. Ponderación de la variable: Conducción de agua potable y su funcionalidad.....	75
Cuadro 22. Ponderación de la variable: Asentamientos humanos en ribera de ríos	75
Cuadro 23. Ponderación de la variable: Resistencia de estructuras físicas (viviendas)	76
Cuadro 24. Ponderación de la variable: Estado de puentes	76
Cuadro 25. Ponderación de la variable: Diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos.....	76
Cuadro 26. Ponderación de la variable: Agricultura migratoria	76
Cuadro 27. Ponderación de la variable: Deforestación.....	77
Cuadro 28. Ponderación de la variable: Erosión hídrica	77
Cuadro 29. Escala de vulnerabilidad	78
Cuadro 30. Resumen de caudales picos de cada subcuenca por período de retorno	80
Cuadro 31. Caudales estimados para período de retomo de 100 años.....	81
Cuadro 32. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 2 años	82
Cuadro 33. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 10 años.....	82
Cuadro 34. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 20 años	82
Cuadro 35. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 25 años	83
Cuadro 36. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 50 años	83
Cuadro 37. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 100 años.....	83
Cuadro 38. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 200 años	84

Cuadro 39. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 500 años.....	84
Cuadro 40. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 1000 años.....	84
Cuadro 41. Principales características hidráulicas de la red hídrica del Río La Soledad, para período de retorno de 100 años.....	96
Cuadro 42. Resultado general de la evaluación de la vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras.....	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras	22
Figura 2. Ubicación de estaciones meteorológicas.....	28
Figura 3. Diagrama de flujo para caudales históricos y ajuste de valores salidos.....	33
Figura 4. Hietograma inicial estación Tegucigalpa.....	39
Figura 5. Modelo de Cuenca La Soledad	43
Figura 6. Parámetros del modelo de cuencas	43
Figura 7. Modelo meteorológico con lámina de agua para estación pluviométrica.....	44
Figura 8. Modelo meteorológico con pesos ponderados por estación	45
Figura 9. Esquema de la geometría del Río La Soledad con secciones transversales	48
Figura 10. Datos geométricos de la sección transversal.....	49
Figura 11. Perfil de sección transversal y área bloqueada por la izquierda.....	50
Figura 12. Fotografía aguas abajo de sitio VA-6, Puente El Carmelo	52
Figura 13. Fotografía aguas arriba de sección 16, Quebrada Clear, Golden Colorado.....	52
Figura 14. Términos de la ecuación de energía.....	55
Figura 15. Caudales picos por subcuenca para período de retorno de 100 años	81
Figura 16. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno 2 años	86
Figura 17. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 10 años	87
Figura 18. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 20 años	88
Figura 19. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 25 años	89
Figura 20. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 50 años	90
Figura 21. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 100 años	91
Figura 22. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 200 años	92
Figura 23. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 500 años	93
Figura 24. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 1000 años	94
Figura 25. Mapa de sitios críticos a inundación en Valle de Ángeles y límite del Parque Nacional La Tigra	95
Figura 26. Tipos de vulnerabilidad y su calificación	99

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de modelo de elevación digital.....	115
Anexo 2. Mapa de cobertura vegetal.....	116
Anexo 3. Número de curva.....	117
Anexo 4. Valores del número de curva por unidad de uso y suelo.....	117
Anexo 5. Unidades de cobertura y número de curva por subcuenca.....	118
Anexo 6. Tiempo de desfase.....	119
Anexo 7. Resumen de resultados de CN y Tlag.....	119
Anexo 8. Hietograma de lluvias.....	119
Anexo 9. Representación gráfica de hietograma.....	120
Anexo 10. Análisis estadístico de la precipitación de la estación Santa Lucía.....	120
Anexo 11. Distribución de Log Pearson III. Estación Santa Lucía.....	121
Anexo 12. Cálculo de bandas de confianza.....	125
Anexo 13. Cálculo de curva de frecuencia teórica.....	125
Anexo 14. Gráfica de distribución Log-Pearson III.....	126
Anexo 15. Hidrograma de las subcuencas.....	127
Anexo 16. Hidrograma de Subcuenca Agua Amarilla.....	127
Anexo 17. Valores de K_n para la prueba de valores salidos.....	128
Anexo 18. Número de curva de escorrentia para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I=0,2S$).....	129
Anexo 19. Valores de $K_{G_r, P}$ para calcular el sesgo según período de retorno.....	130
Anexo 20. Valores de 'n' de Manning.....	131
Anexo 21. Sección transversal típica de la Quebrada Agua Amarilla y sus períodos de retorno.....	132
Anexo 22. Perfil longitudinal de la Quebrada Agua Amarilla.....	133
Anexo 23. Perfil del caudal versus elevación del agua.....	133
Anexo 24. Cálculo de pendientes para determinar el flujo supercrítico.....	134
Anexo 25. Cálculo de pendiente para determinar el flujo subcrítico.....	134
Anexo 26. Salidas de la modelación hidráulica del Río La Soledad.....	135
Anexo 27. Ficha de sitio crítico El Llorón 1.....	142
Anexo 28. Ficha de sitio crítico El Llorón 2.....	143
Anexo 29. Ficha de sitio crítico Las Golondrinas, Quebrada Agua Amarilla.....	144
Anexo 30. Ficha de sitio crítico El Edén, Quebrada Agua Amarilla.....	145
Anexo 31. Ficha de sitio crítico Paso Los Rubios, Quebrada Agua Amarilla.....	146
Anexo 32. Ficha de sitio crítico Puente El Carmelo, Río La Soledad.....	147
Anexo 33. Ficha de sitio crítico Puente El Tablón, Río El Carrizal.....	148
Anexo 34. Ficha de sitio crítico Puente Chagüitillos, Quebrada Grande.....	149
Anexo 35. Ficha de sitio crítico La Simbra.....	150
Anexo 36. Ficha de sitio crítico La Pozona, Quebrada Agua Amarilla.....	151
Anexo 37. Ficha de sitio crítico Puente El Zarzal, Quebrada Agua Amarilla.....	152
Anexo 38. Evaluación de la vulnerabilidad educativa.....	153
Anexo 39. Evaluación de la vulnerabilidad Institucional.....	153
Anexo 40. Evaluación de la vulnerabilidad social.....	153
Anexo 41. Evaluación de la vulnerabilidad política.....	153
Anexo 42. Evaluación de la vulnerabilidad económica.....	153
Anexo 43. Evaluación de la vulnerabilidad ideológica.....	154
Anexo 44. Evaluación de la vulnerabilidad física.....	154
Anexo 45. Evaluación de la vulnerabilidad técnica.....	154

Anexo 46. Evaluación de la vulnerabilidad ecológica	154
Anexo 47. Ejemplo de guía de entrevista	155

RESUMEN

Rivera Torres, L.H. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la Microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 176 p.

Palabras claves: inundaciones, evaluación, manejo de cuencas, amenaza, vulnerabilidad, estrategias, modelación hidrológica, modelación hidráulica, Honduras.

RESUMEN

El estudio se enfocó en la microcuenca del Río La Soledad de Valle de Ángeles, Francisco Morazán, Honduras. Los objetivos específicos fueron: la determinación de los caudales picos para diferentes períodos de retorno usando un modelo hidrológico; la determinación de áreas susceptibles a inundación y características hidráulicas del Río La Soledad usando modelo hidráulico y Sistemas de Información Geográfica (SIG); la evaluación de la vulnerabilidad y las áreas susceptibles a inundación y la propuesta de estrategias participativas para reducir la vulnerabilidad de las áreas en peligro.

Para conocer la problemática de las comunidades se realizaron talleres participativos coordinados por el Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales (PMDN-CATIE). Se logró identificar sitios críticos, así como la preparación y organización de un Comité de Emergencia Municipal (CODEM).

La modelación hidrológica requirió: recolección de datos hidrometeorológicos, de uso de la tierra, suelos y geomorfología de la cuenca. Los datos fueron analizados estadísticamente para diferentes períodos de retorno. La modelación hidrológica, para el cálculo de los caudales de diseño se realizó utilizando el modelo HEC-HMS, mientras que los modelos HEC-RAS y HEC-GeoRAS, se utilizaron para calcular los niveles y planicies de inundación de los ríos más peligrosos (modelación hidráulica). Se mapearon las planicies de inundación usando el modelo HEC-GeoRAS y el software ArcView. La evaluación de la vulnerabilidad se realizó conforme a las siguientes etapas: reconocimiento del área de estudio y recopilación de información; selección de variables del factor socioeconómico y biofísico; propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad.

Los ríos modelados se caracterizan por caudales moderados pero de alta velocidad que presentan una alta amenaza de socavación de casas, carreteras y estructuras tales como puentes y alcantarillas.

La Microcuenca La Soledad presenta una vulnerabilidad global alta a inundaciones (62%). La vulnerabilidad institucional es la más alta, por la falta de planes de prevención y coordinación interinstitucional. La vulnerabilidad técnica fue el segundo tipo de vulnerabilidad alta, requiere atención porque la mayoría de las obras hidráulicas no tienen capacidad para evacuar caudales picos, a las cuales se prescriben algunas soluciones.

Se proponen estrategias a largo y corto plazo, como medidas correctivas y preventivas para reducir la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones.

La disponibilidad de mapas de amenaza de inundación obtenidos con los modelos hidrológico, hidráulico y de SIG, sumado a la información socioeconómica de las planicies de inundación, constituyen herramienta muy útil y accesible para los líderes locales y nacionales encargados de la planificación y control del desarrollo de esas áreas.

SUMMARY

Rivera Torres, LH. 2002. Evaluation of the flood prone areas and vulnerability in the Microbasin La Soledad, Valle de Angeles, Honduras. Thesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE 176 p.

Key words: floods, evaluation, watershed management, flood prone areas, vulnerability, strategies, hydrologic modeling, hydraulic modeling, Honduras.

SUMMARY

The study focuses in the Río La Soledad watershed, Valle de Angeles, Francisco Morazán, Honduras. The specific objectives were: The determination of the peak discharges for different return periods using a hydrologic model; the determination of the flood prone areas and hydraulic characteristics of the Río La Soledad using hydraulic model and GIS; the evaluation of the vulnerability of the flood prone areas and the proposal of participative strategies to reduce the vulnerability of the endangered areas.

In order to study the problems of the communities participative workshops, coordinated by the Natural Disaster Mitigation Project (PMDN-CATIE). It was managed to identify critical sites, as well as the preparation and organization of a Municipal Emergency of Committee (CODEM).

Modeling of the watershed required: hydrometeorological, land use, soil and geomorphology data collection. The data were analyzed statically for return periods. The hydrologic modeling, for the calculation of the design discharges was made using model HEC-HMS, whereas the models HEC-RAS and HEC-GeoRAS, were used to calculate the levels and floodplains of the most dangerous rivers (hydraulic modeling). The flood plains were mapped using the HEC-GeoRAS model and software ArcView. The evaluation of the vulnerability was made according to the following steps: recognition of the study area and collection information; selection of variables of the socioeconomic and biophysic factor; methodologic proposal to evaluate the vulnerability of the watershed La Soledad.

The modeled rivers are characterized by moderate discharges but high velocities presenting a high threat of houses, highways and structures such as bridges and culverts.

La soledad watershed presents a high global vulnerability to floods (62%). The institutional vulnerability is the highest, by the lack of preparedness plans and of institutional coordination; the technical vulnerability was the second type of high vulnerability, requiring attention because most of hydraulic works do not have enough capacity to evaluate peak discharges, and to advance some possible solutions.

Long and short term strategies including corrective and preventive measures to reduce the danger and vulnerability of flood prone areas.

Flood prone area map availability, developed using hydrologic, hydraulic and GIS models, as well as socio-economic data, are a useful and accessible tool, for local and national decision makers for land use planning and monitoring.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a su posición geográfica, formación geológica e hídrica y factores antrópicos, Honduras es propensa a experimentar grandes daños por inundaciones. El escaso desarrollo alcanzado en el manejo de los recursos naturales (agua, suelo y vegetación), las marcadas diferencias estructurales en materia de participación, descentralización, planificación, infraestructura, educación y control social, así como los grandes contrastes económico-sociales, hacen que una parte importante de la población del país sea altamente vulnerable a las inundaciones y habiten en condición de riesgo permanente. En octubre de 1998 y recientemente en el 2001. El huracán Mitch y Michelle, respectivamente, causaron daños devastadores por inundaciones en las cuencas hidrográficas del territorio Hondureño, las cuales cada vez son más vulnerables. En el Istmo Centroamericano, Honduras es el país que suele ser más afectado por dichos eventos, causando daños económicos, sociales y ambientales de enorme magnitud en pérdidas de vidas y desolación.

1.1 El problema

Las inundaciones repetidas que en los últimos años se han presentado regularmente y constituyen el principal evento natural que afecta al territorio Hondureño. La temporada de huracanes en el Hemisferio Norte sobre el Océano Atlántico ocurre anualmente entre los meses de julio y noviembre, e históricamente con mayor fuerza en los meses de agosto a octubre y normalmente presenta características de inusitada violencia.

El huracán Mitch dejó serias consecuencias en la economía de Honduras, dejando a muchas personas sin empleo, vivienda y alimentos. Las inundaciones y los deslizamientos de tierra, producto del pobre manejo ambiental y el mal uso de la tierra fueron las causas fundamentales de la devastación. El huracán Mitch atravesó toda Honduras desde el 26 al 31 de octubre, dejando a su paso una devastación sin precedentes en la historia centroamericana. Las lluvias torrenciales que cayeron durante esos cinco días, alcanzaron los 914 mm (es decir, 42 veces la lluvia esperada en ese período en condiciones normales).

En síntesis, la suma de los daños estimados para cada sector señala que, el monto total de los daños en Honduras (originados por Mitch) asciende a \$ 3.793,6 millones. Pero no solamente la economía se vio afectada, sino también el sistema ambiental y social. Como consecuencia de todo ello, un total de 1.500.000 personas resultaron afectadas por el

huracán de manera directa, es decir, el 24,2 % de la población del país. Dentro de este lamentable marco, Honduras sufrió la muerte declarada de un total de 5.657 personas, 8.058 personas desaparecidas, 12.575 personas heridas y aproximadamente 617.831 personas evacuadas, es decir el 10% de la población hondureña, fue evacuada de los sitios donde residían y fue necesario colocar a 285.000 personas en albergues improvisados porque irremediablemente perdieron sus viviendas (CEPAL, 1998). Después de dicho evento, es evidente que con precipitaciones bajas el territorio es más vulnerable a las inundaciones consecutivas. Claramente quedó evidenciada la relación del manejo de las cuencas con la degradación sufrida debido a las actividades antropogénicas, aumentando así la vulnerabilidad de la zona a fenómenos hidrometeorológicos futuros.

A nivel de cuenca hidrográfica como *unidad de planificación*, la falta de identificación y conocimiento de los niveles de vulnerabilidad en las distintas expresiones por las comunidades y autoridades locales, no ha permitido una preparación adecuada para prevenir y mitigar consecuencias ocasionadas por las inundaciones.

En Valle de Ángeles el huracán Mitch provocó daños a las obras de infraestructura tales como puentes, vías principales y vías secundarias. En la carretera principal que comunica con Tegucigalpa se presentaron 22 fallas en 22 kilómetros; en la carretera secundaria que comunica con San Juancito la Quebrada Agua Amarilla interrumpió el tránsito. También fueron dañados los servicios básicos de agua y energía eléctrica. Valle de Ángeles es una ciudad turística muy importante por su belleza natural, ubicación, distancia con respecto a Tegucigalpa y clima agradable. La Microcuenca La Soledad es una zona productora de agua para la capital; además el 64,1%% del área de la microcuenca es parte de la zona núcleo del Parque Nacional La Tigra. Por las razones antes expuestas fue seleccionado como uno de los 60 municipios más vulnerables del país (de un total de 298 municipios) y elegido entre los primeros 15 municipios a trabajar en la primer etapa del Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales en los componentes de análisis de vulnerabilidad, identificación de medidas de mitigación y diseño de un plan de capacitación a nivel municipal en los componentes 2.4.1 y 3.2 respectivamente.

1.2 Relevancia de la investigación

Las cuencas hidrográficas por ser las unidades físicas donde convergen actividades antrópicas con fenómenos naturales, se constituyen en las áreas adecuadas para la planificación y ejecución de actividades que fomenten la sostenibilidad y por ende reduzcan la vulnerabilidad hacia los desastres naturales y sociales.

La evaluación de la vulnerabilidad de la cuenca hidrográfica permite conocer el estado del sistema natural y antropogénico, identifica los factores que la afectan y que la hacen vulnerable a desastres, y con base en esto, proyectar las acciones para prevenir y mitigar desastres ocasionados por las inundaciones. Esta visión se alcanza a través de una estrategia integral de desarrollo municipal basada en la reducción de la vulnerabilidad.

Antes de elaborar un plan de prevención contra inundaciones, es importante conocer la menaza y el grado de vulnerabilidad de las misma y dentro de esta el tipo de vulnerabilidad que se ve afectada la Microcuenca La Soledad, con base a ella priorizar trabajos tendientes a prevenir y mitigar inundaciones.

El huracán Mitch y las inundaciones asociadas a ese fenómeno puso en evidencia la vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad a los desastres naturales, por la carencia de planes de prevención, ausencia de líneas de acción de prevención y mitigación ante estas catástrofes y la no presencia de una organización y participación activa de los actores locales en tomar medidas tendientes a reducir el impacto de estos fenómenos naturales.

Los resultados de este estudio pretenden contribuir al conocimiento del manejo integrado de los recursos naturales renovables, reduciendo la vulnerabilidad a inundaciones, y que puedan servir como instrumento en la toma de decisiones para favorecer el bienestar de los habitantes que pertenecen a la microcuenca.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones y proponer estrategias preventivas y correctivas en la Microcuenca La Soledad.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar por medio de un modelo hidrológico los caudales picos en función de su período de retorno.
- Determinar por medio de un modelo hidráulico y sistemas de información geográfica, las planicies de inundación y características hidráulicas del Río La Soledad.
- Estimar la vulnerabilidad a inundaciones en las planicies de inundación de la microcuenca del Río La Soledad, a nivel de su núcleo de población de Valle de Ángeles.
- Proponer estrategias participativas para reducir la vulnerabilidad ante posibles impactos de las inundaciones.

1.4 Hipótesis

- Las características hidráulicas de Microcuenca La Soledad no son adecuadas para evacuar los caudales picos en un período de retorno de 100 años.
- Existen en la Microcuenca La Soledad específicamente en el centro de población Valle de Ángeles zonas susceptibles a inundaciones que no han sido técnicamente identificables.
- La vulnerabilidad socioeconómica es tan importante como la vulnerabilidad biofísica en la determinación del riesgo a inundaciones en la población de Valle de Ángeles, Microcuenca La Soledad.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Esta sección presentan los principales conceptos básicos que ayudan a comprender el tema, de amenaza y vulnerabilidad a inundaciones. Se hace una descripción de los modelos hidrológicos, hidráulicos y sistemas de información geográfico y los factores que favorecen y contribuyen en la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la Microcuenca La Soledad.

2.1 Inundaciones y áreas de inundación

Algunos autores sostienen que de los desastres naturales que ocurren cada año en diversas partes del planeta, en un 90% ocurren en países en vías de desarrollo (Long citado por la OEA, 1993). Las inundaciones y los huracanes son la causa de poco más de dos tercios de estos desastres (Lavell, 1996), y el número de afectados va en aumento. En América Latina y el Caribe, a partir de la década de 1960, las inundaciones, terremotos, huracanes, sequías, desertificación y deslizamientos de tierra han provocado 180 mil muertes, afectado la vida de 100 millones de personas y ocasionado sumas superiores a 54 mil millones de dólares en daños a la propiedad (OEA, 1993).

Las llanuras de inundación son, en general, aquellos terrenos sujetos a inundaciones recurrentes con mayor frecuencia, y ubicados en zonas adyacentes a los ríos y cursos de agua, y están expuestos a un peligro para las actividades de desarrollo si la vulnerabilidad de éstas excede un nivel aceptable. Se pueden distinguir dos tipos de inundaciones: (1) desbordamientos de ríos causados por la excesiva escorrentía como consecuencia de fuertes precipitaciones, y (2) inundaciones originadas en el mar, o inundaciones costeras (OEA/DDRMA, 1991). Igualmente, las inundaciones se pueden definir como un aumento anormal del nivel de las aguas de un río, una quebrada, un lago o del nivel medio del mar, situación que provoca desbordamiento sobre las áreas que en condiciones normales se encuentran secas (Comisión Nacional de Emergencia, 1996).

Las inundaciones son fenómenos de elevada frecuencia en Centroamérica, asociadas o no a ciclones tropicales y se manifiestan prácticamente todos los años con diferentes magnitudes. En general se presentan en el interior de los países y en ambas costas, pero son más frecuentes en las costas del Caribe (OXFAM UK, 1998).

Las inundaciones son amenazas que ocurren naturalmente. Se convierten en desastres cuando hay asentamientos humanos en las tierras aluviales. La presión poblacional es ahora tan grande que ha habido que contemplar los riesgos asociados con inundaciones debido a la necesidad cada vez mayor de encontrar un lugar donde vivir. La combinación del aumento en la población con una deficiente administración de recursos han creado nuevos tipos de inundación. La conversión de bosques a tierras de pastoreo o de cultivo en la cuenca de captación se traduce en una menor cantidad de agua retenida en las partes superiores de la cuenca; el aumento en el escurrimiento fluye rápidamente hacia la planicie, con el efecto de crear inundaciones más frecuentes, más inesperadas, y más severas (Jiménez, 2001).

Los eventos máximos son los causantes de desbordamientos de los ríos de sus cauces, lo que ocasiona las inundaciones, ya que la cantidad de precipitación es tanta que no existe capacidad de infiltración en la cuenca y se da el escurrimiento superficial que aumenta el caudal del río, así como avalanchas de tierras que forman represas con lodos y árboles, transformándose en un flujo denso y de mayor peligrosidad (Solís, 2001).

Período de retorno de las inundaciones. El período de retorno es generalmente entendido como el período de tiempo que transcurre entre eventos que igualan o superan un caudal determinado. La probabilidad de excedencia es el inverso del período de retorno, y se interpreta también como la probabilidad de que un evento sea igualado o superado en un año determinado. Dichas probabilidades se traducen en zonas de amenazas del municipio (Solís, 2001).

2.2 Prevención de inundaciones

La mayoría de las muertes y gran parte de la destrucción provocada por inundaciones pueden ser prevenidas mediante medidas de mitigación y de preparación. El primer paso comprende la preparación de un mapa de peligro. Esta información es fundamental en la preparación del plan de desarrollo de la cuenca.

Es necesario destacar que en los últimos años ha aumentado la frecuencia de las inundaciones debido a la ubicación de asentamientos, precarios en su mayoría, en zonas en que la amenaza es alta, de tal forma que la prevención en el uso del suelo no ha estado presente. Además el uso de la tierra y el mal manejo de las cuencas hidrográficas ha sido el factor determinante para dicho incremento (OXFAN UK, 1998).

2.3 Modelos y análisis hidrológicos e hidráulicos

2.3.1 Modelo hidrológico

Un modelo hidrológico comprende un conjunto de relaciones físico-matemáticas que describen fases relevantes del ciclo hidrológico, con el objetivo de simular numéricamente los procesos identificados en el estudio hidrológico (Muñoz, 1998).

Los modelos hidrológicos pretenden reproducir matemáticamente el fenómeno de transformación de lluvia en caudal. Tienen la ventaja de poder simular aceptablemente el proceso hidrológico de la generación de la avenida, si se estiman satisfactoriamente los parámetros necesarios. Su principal limitación es precisamente la elección adecuada de los parámetros, errores en esta etapa, inducen a obtener resultados que no corresponden a la realidad (Muñoz, 1998).

La modelación hidrológica de la microcuenca es un método eficiente y muy preciso que consiste en determinar el caudal mediante la modelación matemática de la conducta física de la cuenca, cuando una lluvia cae sobre una cuenca. Se necesita conocer las características de cobertura vegetal, textura y profundidad de suelos, pendiente, longitud del río principal, distribución espacial y temporal de la lluvia. Una vez conocidas esas variables, se puede correr el modelo hidrológico y obtener el caudal a la salida de la cuenca, para diferentes períodos de retorno. Este método se basa en la suposición de que una lluvia de un determinado período de retorno produce un caudal del mismo período de retorno (Solís, 2001).

2.3.1.1 Sistema de modelación hidrológica utilizando HEC-HMS

El Centro de Ingeniería Hidrológica, del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EEUU, diseñó el programa de computación **Sistema de Modelación Hidrológica HEC-HMS**. Este provee una variedad de opciones para simular procesos de precipitación - escurrimiento y caudales, entre otros (HEC-HMS, 2000).

El HEC-HMS comprende una interfase gráfica para el usuario (GUI), componentes de análisis hidrológicos, capacidades para manejo y almacenamiento de datos, y facilidades para expresar los resultados mediante gráficas y reportes tabulados. La GUI provee los

medios necesarios para especificar los componentes de la cuenca, para introducir los respectivos datos de estos componentes y para visualizar los resultados (HEC-HMS, 2000).

A continuación se presentan algunos conceptos básicos para la modelación hidrológica.

Cuenca Hidrográfica

Cuenca hidrográfica es una unidad territorial formada por un río con sus afluentes y por un área colectora de aguas. En la cuenca están contenidos los recursos naturales básicos para múltiples actividades humanas, como agua, suelos, vegetación y fauna. Todos ellos mantienen una continua y particular interacción con los aprovechamientos y desarrollos productivos del hombre (FAO, 1990).

Considerando la anterior definición, el funcionamiento de la cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación pluvial y la convierte en escurrimiento. Esta transformación se hace con pérdidas de agua en función de las condiciones climatológicas y de las características físicas de la cuenca. Desde el punto de vista hidrológico, no sólo interesa el volumen de los escurrimientos, sino también su reparto en el tiempo (hidrograma), función también de esas condiciones y características (TRAGSA, 1998).

Caracterización fisiográfica e hidrológica

Entre las características hidrográficas que afectan la respuesta de una cuenca se tiene: área, tipo y uso del suelo, posición y orientación, forma, pendiente, elevación y red de drenaje.

- **Área de la cuenca.** Está determinada por una línea que encierra el área de confluencia. Esta línea que separa una cuenca de las circundantes, se denomina línea divisoria de aguas o parteaguas y en su trazado no debe cortar ninguna corriente de agua, salvo a la salida de ella (Jiménez, 1992).

El área de la cuenca tiene una gran influencia en la magnitud del caudal que de ella va a drenarse. Normalmente, a medida que crece el área de la cuenca así mismo lo harán los caudales promedio mínimos y los máximos instantáneos.

El caudal específico (q) se obtiene al dividir el caudal de una cuenca (Q) por su área (A), los caudales se expresan generalmente en litros por segundo por kilómetro cuadrado ($l\ s^{-1}\ km^{-2}$)

$$q = Q/A$$

Este parámetro permite la comparación entre cuencas de una misma o de diversas regiones; al igual que cuando se evalúan los rendimientos máximos, mínimos o medios.

En muchas ocasiones, para la aplicación de diferentes modelos hidrológicos es necesario dividir la cuenca en estudio en una serie de unidades de menor superficie y de comportamiento homogéneo, a las cuales se les denomina unidades hidrológicas y pueden ser, o bien subcuencas, o tramos intermedios entre estas (vertientes directas al propio cauce, a un embalse o al mar) (TRAGSA, 1998).

- **Tipo y uso del suelo.** Teniendo en cuenta el tipo de suelo y la vegetación de las cuencas hidrográficas se ha definido una serie de parámetros empíricos para su clasificación. Entre los más aceptados y utilizados se encuentra el llamado número de escurrimiento (CN), el cual varía de 0 a 100, según el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) (Jiménez, 1992).

Para la selección del CN, se clasifican los suelos de acuerdo con su grado de permeabilidad designándose por letras A, B, C, y D; de acuerdo al uso y/o vegetación de dicho suelo.

Suelo Tipo A. Potencial de escurrimiento bajo. Suelos que tienen altas capacidades de infiltración cuando están completamente húmedos: principalmente suelos arenosos y gravosos profundos y muy bien drenados. Estos suelos tienen alta tasa de transmisión del agua.

Suelo Tipo B. Suelos que tienen capacidades de infiltración moderadas cuando están completamente húmedos: principalmente suelos medianamente profundos y drenados, con textura de sus agregados variando entre moderada y moderadamente fina. Están caracterizados porque tienen tasas medias de transmisión de agua.

Suelo Tipo C. Suelos que tienen capacidades de infiltración bajas cuando están completamente húmedos: principalmente de suelos que contienen una capa que impide el movimiento hacia abajo del agua o suelos con textura fina o moderadamente fina. Estos suelos tienen baja transmisión de agua.

Suelo Tipo D. (potencial de escurrimiento alto). Suelos que tienen capacidades de infiltración muy bajas cuando están completamente húmedos: principalmente suelos

arcillosos con alto potencial de expansividad, suelos con niveles freáticos altos, suelos con capas de arcillas compactas cerca de la superficie o capas delgadas del suelo cerca del material impermeable. Estos suelos tienen una transmisión de agua muy baja.

- **Pendiente.** La pendiente de la cuenca tiene una importante correlación con la infiltración, el escurrimiento superficial y la humedad del suelo. Es uno de los factores físicos que controla el flujo sobre el terreno y tiene una influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.

- **Tiempo de desfase.** Este parámetro mide el tiempo que transcurre entre el centro de masa de la lluvia de exceso y la ocurrencia del caudal máximo, dependiendo de la geomorfología de la cuenca.

2.3.1.2 Hidrograma

Un hidrograma es una gráfica en la que se representa el caudal que pasa por una sección de un río, en función del tiempo (CFE, 1986).

Los sistemas hidrológicos son a veces impactados por eventos extremos, tales como tormentas, inundaciones y sequías. La magnitud de un evento extremo es inversamente proporcional a su frecuencia de ocurrencia. El objetivo del análisis de frecuencia de datos hidrológicos es relacionar la magnitud de los eventos extremos a su frecuencia de ocurrencia a través del uso de las distribuciones de probabilidad. El análisis de frecuencia de caudales extremos es útil para el diseño de presas, puentes, alcantarillas, estructuras de control de inundaciones, definición de planicies de inundación o analizar el efecto de obstrucciones en el cauce (Solís, 2001).

Los modelos de eventos operan en un segmento de tiempo del orden de horas a pocos días, como en el caso de tormentas aisladas (El-Kady, 1989). Estos modelos son adecuados para simular eventos máximos que provocan situaciones extremas, como las inundaciones.

Según Jackson (1982), cuando un modelo hidrológico se ha seleccionado por algún propósito, es porque resulta útil en sus aplicaciones. Como resultado de sus aplicaciones, se obtiene información técnica que puede resultar valiosa para formular pautas, estrategias, políticas y planes de manejo de cuencas. Los modelos hidrológicos pueden aplicarse para

tomar decisiones en las áreas de la planeación, diseño y operación, o con fines de investigación y educación.

La modelación hidrológica describe la relación lluvia - escurrimiento. De la precipitación total o bruta se debe extraer las pérdidas, entendiéndose como pérdida, la lluvia que no escurre, que incluye la infiltración, la evapotranspiración y la interceptación. El resto de la precipitación se convierte en escurrimiento superficial que llega hasta los ríos. Para el cálculo de las pérdidas se debe tomar en cuenta el uso de la tierra, la textura del suelo, las prácticas agronómicas y el grado de humedad del suelo, lo cual se considera en el método de número de curva del Servicio de Conservación de Suelos (SCS). Se debe aplicar luego el método del hidrograma unitario para calcular finalmente el caudal.

2.3.2 Modelación hidráulica

La modelación hidráulica permite analizar la conducta hidráulica de un tramo de un río a partir de caudales de entrada, en condiciones de funcionamiento normal o extremo, la geometría variable de las secciones transversales, la pendiente y longitud entre secciones transversales, la rugosidad del lecho principal y de las planicies de inundación dando información sobre el nivel del agua, su profundidad, velocidad, zonas de desbordamiento, etc. De este modo se puede, por ejemplo, prever cuáles sectores del río son incapaces de transportar seguramente el caudal correspondiente a eventos de precipitación y escurrimiento, y tomar las medidas de prevención correspondientes (Solís, 1991).

El análisis hidráulico permite además diseñar las modificaciones necesarias de la geometría del río, para mejorar su capacidad de transporte, como es una profundización o ampliación del cauce principal, el diseño de puentes, la ubicación y altura adecuada de los bordos y el corte de meandros. El análisis hidráulico permite en definitiva obtener las planicies de inundación a lo largo de un tramo de un río, al igual que las condiciones energéticas. La determinación de la profundidad del agua define el área afectada por la inundación, y la velocidad del agua da un criterio, en combinación con las características geomorfológicas del río, de la capacidad de socavación. El análisis de las planicies de inundación por este medio teórico, permite su asociación con diferentes períodos de retorno (Solís, 2001).

La modelación hidráulica está dirigida a realizar cálculos hidráulicos frecuentemente unidimensionales para redes de ríos naturales o canales. El modelo calcula perfiles del nivel

del agua para flujo permanente gradualmente variado. Se puede modelar flujo subcrítico, supercrítico y mixto (unos sectores del río son subcríticos y otros supercríticos). Esta condición se determina con el número de Froude. El proceso computacional se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional. Las pérdidas de energía por fricción se calculan con la ecuación de Manning y las locales por coeficientes de contracción o expansión. El efecto de obstrucciones tales como puentes, alcantarillas o diques pueden ser consideradas en la modelación. El modelo puede evaluar el efecto de mejoras introducidos en el cauce. El modelo hidráulico permite definir las áreas inundables para diferentes periodos de retorno (HEC-RAS, 1995).

2.3.3 Sistemas de Información Geográfica

Un SIG es un sistema informatizado de almacenamiento, análisis y recuperación de datos en el que los datos se hallan identificados por sus coordenadas geográficas. Además de datos primarios, como las características climáticas y del suelo, es posible utilizar un SIG para calcular valores derivados como el peligro de erosión, clase de producto forestal o aptitud de la tierra y planicies de inundación. Los datos se extraen normalmente de los mapas, mientras que los valores derivados pueden presentarse en forma de mapas (Morales *et al.* 1998).

Los sistemas de información geográfica, son el resultado de la necesidad para el manejo de datos espaciales, proporcionando soluciones a problemas geográficos y facilitando la transferencia de datos.

La elaboración de un estudio sobre la cobertura vegetal y uso de la tierra, se efectúa con el propósito de contar con una información básica, para poder calcular el número de curva que se utilizará como pérdidas iniciales del escurrimiento.

Una cuenca cubierta densamente con bosques naturales, vegetación permanente y áreas de cultivo bien manejadas, presenta un hidrograma bien distribuido (los caudales disponibles se distribuyen en varios meses), en cambio las cuencas con poca cobertura vegetal y mal manejadas, presentan hidrogramas con "picos muy altos" (los caudales disponibles se concentran en pocos meses y son muy altos, generando inundaciones) (Faustino, 1999).

A continuación se exponen una serie de definiciones básicas sobre SIG:

Mapa raster: es una manera de representar la realidad mediante una serie de unidades mínimas; el pixel. El mapa se divide en filas y columnas en donde se forman cuadrados que son los pixeles. La resolución del mapa (mayor o menor detalle de este) depende del tamaño del pixel; a menores tamaños la resolución es mayor. Esta unidad mínima se localiza mediante su fila y columna correspondiente (Villegas, 2002).

Mapa vectorial: es una manera de representar la realidad mediante líneas, puntos y polígonos. Es mucho más precisa, pero el inconveniente que tiene es su análisis espacial; es más complejo que con una estructura de datos raster (Villegas, 2002).

Modelo de Elevación Digital (MED)

El modelo de elevación digital consiste en una representación digital de altitudes, como las de la superficie terrestre. Esta información, según su origen puede ser almacenada en formato raster o vector para su posterior utilización. Los MEDs son mapas de entrada que se usan con mayor frecuencia en un SIG, sus aplicaciones más importantes son: despliegues tridimensionales de mapas, selección de perfiles, cálculo de pendientes, patrón de drenaje, cálculo de ortofotos a partir de fotografías aéreas o imágenes satelitales (Villegas, 2002).

TIN (triangulated irregular network): es una estructura de datos vectorial formada por una red de triángulos irregulares interconectados. En cada vértices está la información de posición y cota x,y,z. Con el TIN se representa una estructura en 3D (tres dimensiones) del terreno muy semejante a la realidad (Villegas, 2002).

Para la elaboración de un TIN con 3D de ArcView, es necesaria una cartografía digital en donde aparezcan las líneas de nivel o nubes de puntos. En los dos casos es necesario que la base de datos asociada posea un campo que defina la cota de esa línea de nivel o de ese punto. Se debe realizar un proceso de limpieza de geometría, es decir, eliminar líneas o puntos no deseados, así como revisar en la base de datos el campo que indica la cota (ver si hay registros vacíos, cotas inapropiadas).

2.4 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad puede comprenderse como aquel conjunto de condiciones a partir de las cuales una comunidad está o queda expuesta al peligro de resultar afectada por una amenaza, sea de tipo natural, antrópica o socio-natural. La vulnerabilidad entendida como

debilidad frente a las amenazas (o ausencia de lo que los ecólogos denomina capacidad de resistencia) y como incapacidad de recuperación después de que ha ocurrido un desastre (Gomáriz, 1999).

Se define a la vulnerabilidad como la *incapacidad o debilidad* de una comunidad de *absorber* mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio de su ambiente, o sea su *"inflexibilidad"* para adaptarse a ese cambio (por falta de resistencia, resiliencia o elasticidad) (Wilches-Chaux, 1998).

Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. No toda situación en que se halla el ser humano es vulnerable, sin embargo, hay situaciones en las que la población sí está realmente expuesta a sufrir daño si ocurriera un evento natural peligroso (Romero y Maskrey, 1993).

2.4.1 Vulnerabilidad global

Los componentes de la vulnerabilidad se desglosan en: a) exposición: la intersección de la actividad humana, el uso del suelo y el medio ambiente construido con los patrones de amenaza; b) resistencia: la capacidad de una sociedad y el medio ambiente construido a resistir el impacto de los eventos amenazantes; c) resiliencia: la capacidad de una sociedad de recuperarse después del impacto; d) recuperación: la capacidad de una sociedad de reconstruir después de un desastre; e) aprendizaje: la capacidad de una sociedad de cambiar sus patrones de conducta a raíz de la ocurrencia de desastres (Maskrey citado por Gomáriz, 1999).

Considerando estas características que permiten integrar una serie de factores en el análisis, es que puede hablarse de la existencia de una vulnerabilidad global, la que refiere a un proceso complejo, dinámico y cambiante que determina la probabilidad de que una comunidad quede expuesta o no a la ocurrencia e impacto de un desastre, o que tenga más o menos posibilidades de recuperación (Gomáriz, 1999).

Según Wilches-Chaux, la vulnerabilidad global está integrada, al menos por una decena de componentes o tipos de vulnerabilidades específicas: la física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica y la institucional.

2.4.2 Vulnerabilidad física

Se refiere a la localización de grandes contingentes de la población en zonas de riesgo físico: condición suscitada en parte por la pobreza y la falta de opciones para una ubicación menos riesgosa. Y por otro lado, debido a la alta productividad (particularmente agrícola) de un gran número de estas zonas (faldas de volcanes, zona de inundación de ríos, etc.), atrae tradicionalmente a grandes poblaciones (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.3 Vulnerabilidad social

Se refiere al bajo grado de organización y cohesión interna de comunidades bajo riesgo que impide su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.4 Vulnerabilidad ecológica

Está relacionada con la forma en que los modelos de desarrollo no se fundamentan en "la convivencia, sino en la dominación por destrucción de las reservas del ambiente (que necesariamente conduce) a unos ecosistemas por una parte altamente vulnerables, incapaces de auto ajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana, y por otra, altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan" (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.5 Vulnerabilidad económica

Quizás este tipo de vulnerabilidad es la de mayor significancia de la vulnerabilidad global. Los sectores más oprimidos de la sociedad son los más vulnerables a una serie de catástrofes y riesgos naturales. En los países con mayor ingreso real per capita, el número de víctimas que dejan los desastres es mucho menor que en los países con un bajo ingreso por habitante. En la esfera nacional, la vulnerabilidad económica se expresa en una excesiva dependencia de nuestra economía de factores externos prácticamente incontrolables por nosotros, como son los precios de compra de las materias primas, y los precios de venta de combustibles, insumos, y productos manufacturados, las restricciones del comercio internacional de nuestros productos y la imposición de políticas monetarias (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.6 Vulnerabilidad política

Esta vulnerabilidad constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que la afectan. Es decir, cuanto mayor sea la autonomía, menor será la vulnerabilidad política de la comunidad. En un país donde la solución de la mayoría de los problemas locales todavía sigue dependiendo del nivel central, la vulnerabilidad política posee dos caras: la primera, la incapacidad de una comunidad para plantear sus problemas a nivel regional que exijan la atención de los niveles decisorios. La segunda, la incapacidad de esa misma comunidad para formular por sí misma la solución del problema planteado (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.7 Vulnerabilidad técnica

La ausencia de diseños y estructuras para control de inundaciones, tales como bordos, espigones, enrocamiento, etc., es una forma de vulnerabilidad física y técnica (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.8 Vulnerabilidad ideológica

La respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre natural, o ante el desastre del mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo, y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo. Sin la ideología dominante, se imponen concepciones fatalistas, según las cuales los desastres naturales corresponden a manifestaciones de la voluntad de Dios, las únicas respuestas posibles serán el dolor, la espera pasiva y la resignación (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.9 Vulnerabilidad educativa

Es importante ilustrar el concepto de vulnerabilidad educativa enfatizando la importancia que tienen los cursos y materias impartidas en el aula de estudio y como contribuyen éstos a la reducción de las vulnerabilidades de sus alumnos frente a los riesgos humanos y naturales que los amenazan. También se podría averiguar de qué medios se valen para incorporar el conocimiento acumulado por la comunidad durante generaciones, a los contenidos de la educación, especialmente en cuanto a desastres pasados se refiere (Wilches-Chaux, 1988).

2.4.10 Vulnerabilidad institucional

Una de las más importantes causas de debilidad de la sociedad para enfrentar las crisis (incluidos los desastres naturales), radica en la obsolescencia y rigidez de las instituciones, especialmente las jurídicas. Los mecanismos de contratación, el manejo del presupuesto, la administración de los funcionarios públicos, y en general todos sus procedimientos, parecen encaminados a impedir la respuesta estatal ágil y oportuna ante los cambios acelerados del entorno económicos, político, social, y ecológico. Un aspecto muy particular de mitigación de la vulnerabilidad institucional lo constituye la preparación de la comunidad a través de los organismos públicos y de socorro, para enfrentar una situación de desastre (Wilches-Chaux, 1988).

2.5 Evaluación de la vulnerabilidad

La evaluación de vulnerabilidad es una estimación de las pérdidas o daños que puedan ser causados por un evento natural de cierta severidad, incluyendo daños a la construcción, daños personales e interrupción de las actividades económicas y del funcionamiento normal de las comunidades (OEA, 1991).

2.6 Algunas experiencias en estudios de modelación y vulnerabilidad

En la Microcuenca La Soledad no se han realizado estudios relacionados con inundaciones. A continuación se citan algunos estudios realizados con modelación hidrológica e hidráulica; así como de vulnerabilidad en cuencas, tanto en Honduras, como en otros países.

2.6.1 Experiencias en modelación para determinar planicies de inundación

En 1993, Solís *et al.* para el control de inundaciones en América Central, trabajaron con áreas demostrativas en los Ríos Purires y Turrialba, Costa Rica utilizando la modelación hidrológica e hidráulica.

En 1997, Solís *et al.* realizaron investigación en la que muestran metodologías para reducir comprensivamente las inundaciones causadas por la deforestación en una cuenca en América Central. Para reducir severas inundaciones en la cuenca del Río Purires en Costa Rica, se implementaron medidas de control de inundaciones en la parte inferior del valle, con la preparación de un plan de reforestación multidisciplinario para la parte alta de la cuenca. Las medidas estructuradas de control de inundaciones involucraron la modificación de

secciones de la parte baja de la cuenca basados en ejercicios de modelado hidrológico e hidráulica.

En 1991, Solís *et al.* realizaron estudio hidrológico e hidráulico para el control de inundaciones en la cuenca del Río Purires, Valle del Guarco, los resultados promedio obtenidos se utilizaron para caracterizar la cuenca del Río Purires y obtener así el caudal de diseño, para las obras de rehabilitación y rectificación de los cauces principales de la cuenca. A partir del caudal de diseño, que varía a lo largo de la cuenca baja, se realizó una modelación hidráulica utilizando HEC-2. Se evaluó la conducta hidráulica del cauce natural, así como de los puentes existentes, con lo cual se determinaron los sectores del río en que se producen inundaciones y recomendar la modificación de la sección hidráulica con el fin de garantizar un tránsito seguro del caudal de diseño.

En 1995, Madrigal, analizó la problemática de las inundaciones en la cuenca del Río Tuis, Turrialba; mediante la modelación de eventos extremos en condiciones de información limitada mediante la aplicación del modelo hidrológico HEC-1 y el modelo hidráulico HEC-2.

Aparicio 1999 realizó investigación sobre inundaciones en Turrialba, su trabajo se centró en los factores causales principales que determinan las inundaciones, tales como: precipitación máxima y crecimiento poblacional, éste último como expansión de urbanización, deforestación, manejo del cauce y ubicación de las viviendas, ya que no se dispone de información cronológica de estos últimos.

Aparicio (1999) concluyó que La ciudad de Turrialba está expuesta a desbordamientos de ríos y quebradas que la rodean, el Río Colorado es una de las principales amenazas. Las inundaciones suman once en el siglo y las principales causas son: lluvias intensas en la cuenca, creciente presión urbanística por el aumento de la población, uso de la tierra y la ubicación de la ciudad encima del cauce base.

2.6.2 Experiencias en vulnerabilidad

Baritto (2000), en su investigación realizada en la costa norte de Venezuela, sobre la dinámica de factores asociados al uso de la tierra e implicaciones concluye que el evento de precipitación extremo de 1999 en términos de sus implicaciones sobre la vulnerabilidad extrema del área, los factores con mayor relevancia identificados fueron la pendiente o inclinación del terreno y la distancia a cauces de ríos y quebradas, lo que refuerza el

planteamiento de que el relieve de la zona es quizás el aspecto más importante en determinar la susceptibilidad a desastres naturales dentro del área de estudios ante eventos extremos como el ocurrido en mencionado año.

Turcios (2001), en su investigación de vulnerabilidad a desastres naturales en la Cuenca Jones de Guatemala, concluye que el desconocimiento de factores asociados al riesgo de construcción de viviendas en zonas inadecuadas, así como los efectos de prácticas agrícolas en suelos de vocación forestal, corresponde a los factores que inciden de manera significativa en los distintos niveles de vulnerabilidad.

Según Meléndez (2001), las características fisiográficas y climáticas de la cuenca del Río Tuis, la hacen vulnerable a inundaciones y deslizamientos. Los habitantes de los poblados de Tuis, La Suiza y Canadá han sufrido por años deslizamientos e inundaciones del Río Tuis y sus quebradas tributarias, con pérdidas de viviendas, infraestructura de comunicación, líneas vitales y hasta vidas humanas, por lo que las organizaciones locales se han movilizado para la gestión de proyectos encaminados al manejo de la cuenca.

Meléndez (2001), en su investigación de uso de los recursos naturales y su relación con la vulnerabilidad a inundaciones en la cuenca del Río Tuis, obtuvo resultados que indican que existe vulnerabilidad ambiental a deslizamientos e inundaciones, porque el 42% de los bosques han sido deforestados, el 24,7% de las tierras de la cuenca están en sobreuso y solamente el 5% de los productores aplican prácticas de conservación de suelos en los principales rubros (café, caña de azúcar y ganado de repasto). La infraestructura de comunicación (puentes) es muy altamente vulnerable, ya que estos no han sido diseñados para soportar eventos de precipitación máxima y no existe mantenimiento para evitar la socavación de las bases. El crecimiento urbano en los márgenes de Río Tuis y las Quebradas La Leona, La Gata y la Quebrada Armado ha aumentado la vulnerabilidad a las inundaciones y deslizamientos, y al analizar los factores socioeconómicos de los habitantes en estas áreas de riesgo se encontró que existe un bajo nivel económico y de escolaridad lo cual tiene relación directa con la inaccesibilidad a un lugar más seguro y al mejoramiento de su calidad de vida.

Meléndez (2001), en su trabajo obtuvo que la cuenca del Río Tuis es vulnerable a la vulnerabilidad de tipo institucional, pues su presencia es puntual a los momentos de

emergencia, y no existe una adecuada coordinación y seguimiento una vez pasado los eventos de inundación y deslizamientos; así como la no aplicación y seguimiento por parte de la municipalidad de las legislaciones ambientales y de construcción.

Cáceres (2001), propuso una metodología para estimar la vulnerabilidad global en una cuenca y la aplicó en la Microcuenca Los Naranjos, que se ubica en la cuenca del Lago de Yojoa, Honduras la cual está sometida a procesos progresivos de degradación de sus recursos naturales, lo que ha provocado el incremento de su vulnerabilidad ambiental, social y económica. Lo anterior también ha ocasionado la presencia de diversos desastres naturales, que han afectado al lago mismo, obras y actividades humanas, así como el ambiente natural de dicha área geográfica.

González (2001), realizó investigación en las Subcuencas Molino Norte y San Francisco Matagalpa, resaltando que la importancia de este estudio radica en que se propone una metodología para identificar áreas críticas y vulnerables a desastres naturales, utilizando un Sistema de Información Geográfica como herramienta clave, con el cual se analizó toda la información obtenida y se delimitó mediante la unión de ambos mapas, áreas de mayor riesgo a desastres naturales. Mediante un diagnóstico rural participativo se obtuvo la identificación de los principales problemas de las subcuencas, y los lineamientos de acción para la reducción y mitigación a desastres naturales.

2.7 Reducción de daños por inundación

Un plan de reducción de daños por inundación incluye algunas medidas para reducir caudal (embalses, desvío del caudal, manejo de cuencas), el nivel del agua del río (mejora del canal), la vulnerabilidad actual (diques y paredes, medidas contra inundaciones, reubicaciones, sistemas de alerta) y la vulnerabilidad futura (adquisición de tierras, regulación de uso de la tierra y construcción) (Solís, 2001).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Aspectos generales de la metodología

El presente estudio comprende una serie de fases consecutivas que incluye la recopilación de información de lluvias y de uso del suelo para las modelaciones hidrológicas e hidráulicas con uso de ArcView para la generación de mapas de amenazas a inundaciones, e información recabada en la comunidad para evaluar la amenaza y la vulnerabilidad que afecta a la Microcuenca La Soledad.

3.2 Ubicación del área de estudio

La Microcuenca La Soledad es de tercer orden, pertenece a la subcuenca del Río Yesguare y corresponde a la parte alta de la Cuenca del Río Choluteca de la vertiente del Océano Pacífico. La microcuenca tiene un área de 29,22 km² (área de modelación) y se localiza geográficamente entre los 14⁰ 08' 24" y 14⁰ 11' 24" Latitud Norte, y entre los 87⁰ 01' 12" y 87⁰ 06' 00" Longitud Oeste (Figura 1), pertenece al ámbito territorial del Municipio de Valle de Ángeles, el cual a su vez es municipio del Departamento de Francisco Morazán, de la República de Honduras.

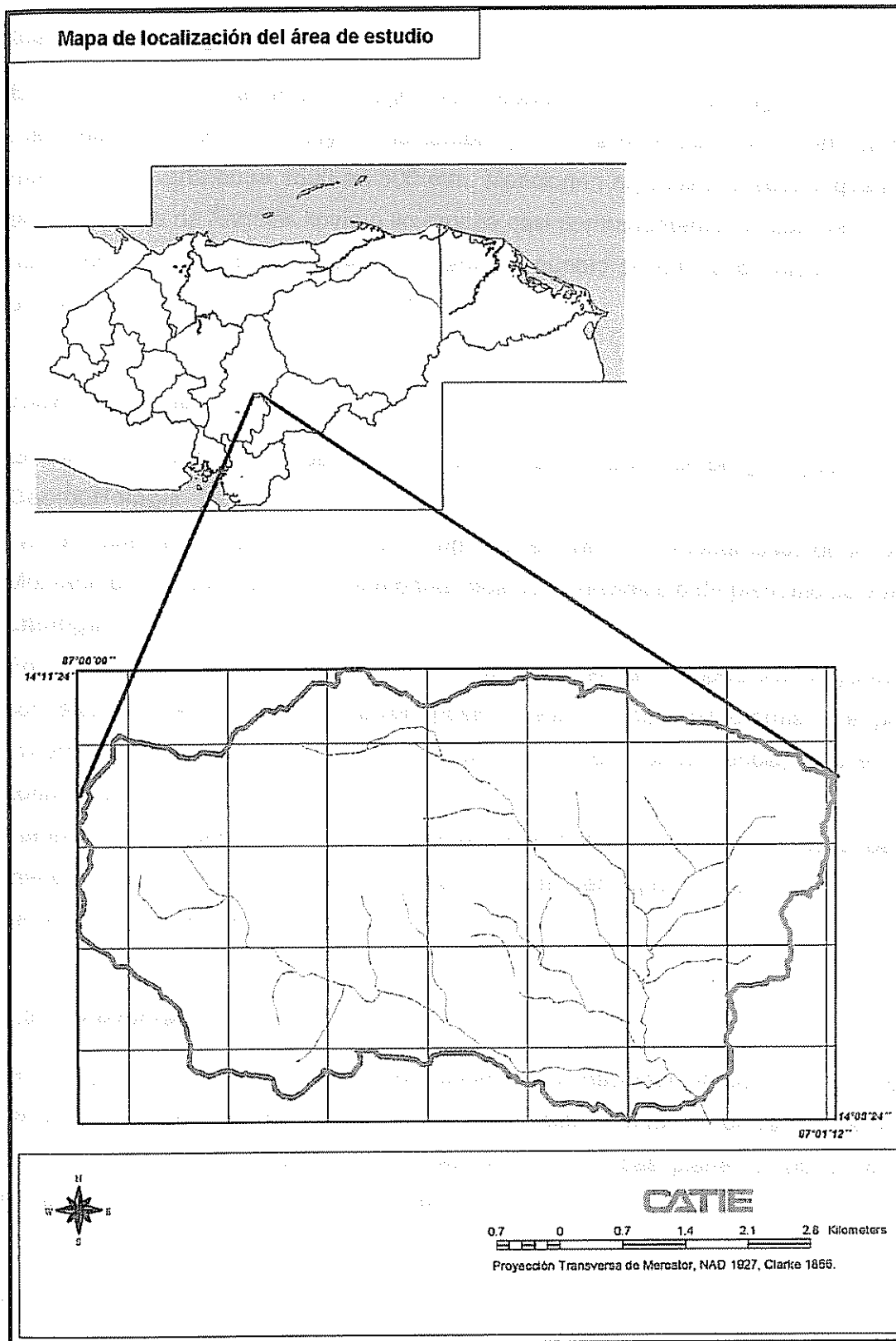


Figura 1. Ubicación geográfica de la microcuenca del Río La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras

3.3 Caracterización física

3.3.1 Climatología

El clima de la zona es fresco y agradable, donde se pueden distinguir dos estaciones muy marcadas, la lluviosa de mayo a noviembre y la seca de diciembre a abril. La precipitación media anual varía entre 1500 a 2500 mm. Mencionan algunos pobladores que hace algunos años, en Valle de Ángeles llovía o lloviznaba casi permanentemente, sus cielos permanecían nublados y cuando la temperatura bajaba, el pueblo se cubría de niebla. La temperatura promedio es de 18 °C (FOCUENCAS, 2001).

3.3.2 Geología

El PMDN-CATIE (2002), presenta una breve caracterización de peligros geodinámicos

Geomorfología

Las unidades morfológicas se pueden agrupar en: Macizos montañosos de la Chanchera, y Montaña del Estribo, laderas intermedias, abanicos aluviales o de piedemonte y mesetas.

Litología

En la zona afloran rocas volcánicas cineríticas y lávicas, de composición mayormente ácida y con altos índices de mineralización posiblemente de tipo hidrotermal. La presencia de mineralización favorece un mayor intemperismo y, en consecuencia, más erosión en las zonas montañosas.

También se ha observado rocas sedimentarias (lutitas y areniscas) en la parte alta del macizo montañoso del Estribo-Cerro del Hospital pero que, al parecer, no tienen relación genética con los deslizamientos.

3.3.3 Fisiografía

La topografía de la microcuenca corresponde a zonas montañosas, más del 60% de las tierras son de laderas, sin pedregosidad superficial, la máxima elevación es de 2200 y la mínima de 1224 msnm. Las partes planas, onduladas o casi planas se ubican por lo general en las márgenes de los ríos y quebradas.

3.3.4 Características de los suelos

La sensibilidad geológica a la inestabilidad está relacionada con la presencia de amplias áreas mineralizadas y afloramientos calcáreos (PMDN-CATIE, 2002).

Los suelos de la microcuenca son medianamente fértiles, franco arcillosos, pH ligeramente ácido, húmedos y son predominantemente de vocación forestal, aunque en las partes bajas de pendientes suaves son aptos para agricultura. Una característica predominante de los suelos de las microcuencas, sobre todo en laderas, es su fragilidad, inestabilidad y sin conglomerados importantes en su superficie (FOCUENCAS, 2001).

3.3.5 Amenazas a deslizamientos

Se han identificado zonas con mayor riesgo a deslizamientos, el estudio realizado por PMDN-CATIE (2002), reporta que algunas zonas con mayor riesgo a sufrir deslizamientos están concentradas en los macizos montañosos de Chanchera (Quebrada Agua Amarilla) y la vertiente norte de la Montaña del Estribo, en Quebrada Honda.

Uno de los puntos más críticos lo constituye la Quebrada Agua Amarilla, tanto por la existencia de grandes deslizamientos, como por la susceptibilidad de los terrenos superficiales a formar flujos, debido a la fuerte alteración derivada de la mineralización. La existencia de depósitos de relaves no tratados al borde de la corriente agrava la situación, pues, como ya ocurrió durante el Mitch, parte de esos materiales de alta acidez son arrastrados por las crecidas.

3.3.6 Otras amenazas en la Microcuenca La Soledad

- *Los derrumbes* son una amenaza que prevalece en la zona, principalmente a inmediaciones de los taludes cortados en la orilla de carretera pavimentada que comunica con Tegucigalpa y carretera secundaria que comunica con San Juancito, situación que se evidencia durante la época de invierno cuando las lluvias son más intensas. De igual manera en las riberas de ríos y quebradas donde los taludes son afectados por los mismos.

- *Las inundaciones* en la microcuenca. Los deslizamientos que se generan en la zona alta de la Quebrada Agua Amarilla muestran fuerte potencial de represamiento que afectaría al municipio, situación que quedó evidenciada cuando ocurrió el huracán Mitch.

3.4 Caracterización socioeconómica regional

La población de la microcuenca está constituida principalmente por el asentamiento urbano de la ciudad de Valle de Ángeles, con ocho comunidades que integran la población rural, su

distancia respecto a la capital es de 22 km y en 1997 se le otorga la categoría de ciudad turística.

Se estima que la población total de la microcuenca es de 13.400 habitantes, la relación hombre - mujer se estima en 40-60 y la proporción de menores de 13 años es del 30%. las comunidades que integran el territorio de la microcuenca son: Valle de Ángeles, Las Minas, San Francisco, El Molino, Las Quebraditas, Las Mercedes, La Cimbra, Miravalle, El Cantón, El Portillo, El Zarzal, Quebrada Honda, El Escondido y Buena Vista. Otras comunidades que se integran a la microcuenca y que se ubican en el entorno son: Guanacaste, Las Cañadas, El Guayabo y Cerrón Grande.

3.5 Caracterización de los recursos naturales

3.5.1 Recursos forestales

Los recursos forestales de la microcuenca están compuestos por bosques de coníferas donde predominan los pinos y por bosques de latifoliadas en las partes altas (bosques nubosos y pluviales). La Soledad tiene buena cobertura forestal, lo cual es un indicador del grado de estabilidad que puede presentar la microcuenca como ecosistema, sin embargo, la situación de la tierra sin cobertura forestal coadyuva a la vulnerabilidad (FOCUENCAS, 2001).

La microcuenca del Río La Soledad no presenta una situación crítica de destrucción o degradación de los recursos naturales, pero si existen algunos procesos de degradación, zonas de vulnerabilidad, peligros y se distingue un potencial muy significativo para el desarrollo de actividades socioeconómicas. Los principales conflictos se deben a la falta de un uso racional de los recursos naturales, a la presión sobre el uso de la tierra y a factores de vulnerabilidad (FOCUENCAS, 2001).

3.5.2 Áreas protegidas

El 64,1% del área de la microcuenca es área del Parque Nacional La Tigra (Figura 25). La microcuenca está bastante conservada (con bosques de pinares), pero sufre día con día, presiones y amenazas, que si no se toman medidas preventivas y no se planifica, el riesgo de sufrir impactos negativos es alto.

3.5.3 Recursos hídricos

El drenaje superficial de las corrientes en la Microcuenca La Soledad se presenta en forma dendrítico y paralelo, la densidad del drenaje depende del relieve, presentándose en las partes abruptas y onduladas un drenaje fino.

La red hídrica se define como ríos de montaña. Estos ríos presentan fuertes pendientes y lechos en forma de V, números de Froude elevados, correspondientes a flujo supercrítico, en el que predomina la energía cinética (por la velocidad) sobre la energía potencial (por la profundidad) predominando los procesos de socavación. Estos ríos tienen cuencas relativamente pequeñas, pero altas precipitaciones y un tiempo de concentración muy bajo, lo que se traduce en caudales con una alta capacidad de arrastre de árboles y piedras. El principal problema es la socavación en los puentes, alcantarillas, taludes y la invasión de las planicies de inundación. En estos casos, las alcantarillas especialmente, o los puentes, pueden tener insuficiente capacidad hidráulica, reducida por la obstrucción de árboles y rocas, y la estructura puede fallar, provocando la destrucción de tramos de carretera y la incomunicación de ciudades (Solís, 2002).

La red hídrica está conformada por una corriente principal a la cual se le denomina Río La Soledad, y a éste se le adhieren una serie de quebradas y ríos que conforman varias microcuencas, entre las principales están las formadas por el Río El Carrizal, Quebrada San Francisco, Agua Amarilla, Los Jutes, y Agua Dulce, para formar el Río La Soledad, el cual es de tercer orden y tributario del Río Yesguare y éste a su vez afluente del Río Choluteca.

La falta de información hidrológica dentro la microcuenca también se constituye en una limitante para conocer el aporte de los distintos ríos hacia el cauce principal de la Microcuenca La Soledad.

3.6 Criterios para la selección del área de estudio

La localización precisa se basó conforme los siguientes criterios y variables:

- La disponibilidad de información meteorológica de precipitación, caudales de agua, mapas bases de cobertura de la tierra, geología, hidrología y demográficos.

- Pertenecer al área del Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local en Manejo de Cuencas y Prevención de Desastres Naturales (FOCUENCAS) Convenio CATIE-ASDI y coincidir en el contexto del Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales (PMDN-CATIE). Este proyecto se realizó a solicitud del gobierno hondureño para evaluar la problemática de inundaciones en 15 municipios del país. La región de Valle de Ángeles fue severamente dañada durante el huracán Mitch y fue uno de los 15 municipios seleccionados para la primera etapa del proyecto.
- Área prioritaria para el país por pérdidas humanas, económicas, y daños a la infraestructura ante la presencia consecutiva de inundaciones.
- Nivel de organización y participación de las comunidades e instituciones relacionadas con la prevención de inundaciones, tales como el Comité Permanente de Contingencias (COPECO), Comité de Emergencia Municipal (CODEM).

3.7 Recopilación de información

En la Microcuenca La Soledad no existen estaciones pluviométricas ni pluviográficas, razón por la cual la información se recolectó de estaciones aledañas. La información pluviográfica se obtuvo de estación Tegucigalpa y la pluviométrica de estación Santa Lucía.

- Recolección y evaluación de la información disponible:
 - Identificación de instituciones que registran y almacenan información.
 - Selección de estaciones pluviográficas, pluviométricas lo más cerca posible de la cuenca La Soledad
 - Recolección de la información de las estaciones seleccionadas
 - Análisis preliminar de calidad de la información de las estaciones

3.7.1 Información pluviográfica

La información pluviográfica se recopiló de la estación Tegucigalpa ubicada en el Aeropuerto Internacional Toncontín, con coordenadas geográficas 14^o 03' 31" Latitud Norte y 87^o 13' 10" Longitud Oeste, la cual es manejada por el Servicio Meteorológico Nacional (Figura 2).

La información de pluviógrafos se visualiza en gráficas. Con base a registros de los eventos históricos más intensos se seleccionó el evento de Mitch, se tomaron lecturas cada 10 minutos y se elaboró el hietograma.

Este mecanismo permite que el cilindro se vacíe cada 10 mm en el tiempo correspondiente. En el eje "x" se tiene el tiempo en horas (cada separación es de 10 minutos), en eje de las "y" va la precipitación en mm.

En el Cuadro 1 se presenta hietograma de estación Tegucigalpa, lluvias provocadas por el Huracán Mitch en 1998, iniciando el 30 de octubre a las 11:00 am y finalizando el 31 de octubre a las 2:00 pm, lluvias con duración de 10 minutos.

A continuación se presenta la ubicación de estaciones hidrometeorológicas

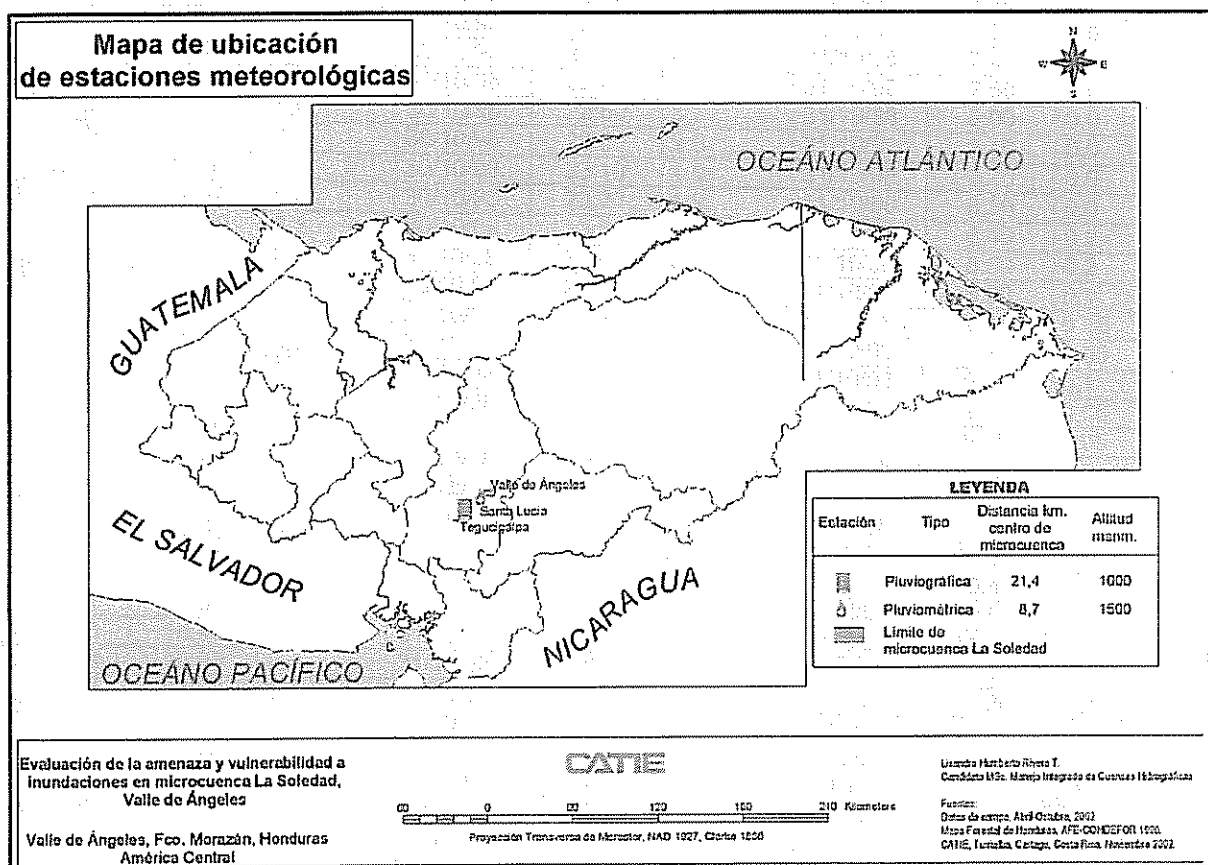


Figura 2. Ubicación de estaciones meteorológicas

Cuadro 1. Precipitación horaria de hietograma Mitch de estación Tegucigalpa

Fecha	Tiempo (min)	Lluvia (mm)	Fecha	Tiempo (min)	Lluvia (mm)	Fecha	Tiempo (min)	Lluvia (mm)
30/10/98	10:50	0,2	30/10/98	20:00	0,05	31/10/98	5:10	1,0
30/10/98	11:00	0,2	30/10/98	20:10	0,0	31/10/98	5:20	1,5
30/10/98	11:10	0,6	30/10/98	20:20	0,1	31/10/98	5:30	2,2
30/10/98	11:20	5,0	30/10/98	20:30	0,3	31/10/98	5:40	1,7
30/10/98	11:30	1,8	30/10/98	20:40	1,0	31/10/98	5:50	2,6
30/10/98	11:40	2,0	30/10/98	20:50	0,7	31/10/98	6:00	1,8
30/10/98	11:50	1,0	30/10/98	21:00	0,6	31/10/98	6:10	1,3
30/10/98	12:00	3,0	30/10/98	21:10	1,3	31/10/98	6:20	1,3
30/10/98	12:10	1,8	30/10/98	21:20	1,8	31/10/98	6:30	0,9
30/10/98	12:20	1,3	30/10/98	21:30	1,1	31/10/98	6:40	0,5
30/10/98	12:30	1,7	30/10/98	21:40	1,0	31/10/98	6:50	0,5
30/10/98	12:40	1,6	30/10/98	21:50	1,0	31/10/98	7:00	0,7
30/10/98	12:50	2,2	30/10/98	22:00	1,2	31/10/98	7:10	0,0
30/10/98	13:00	1,4	30/10/98	22:10	1,8	31/10/98	7:20	0,0
30/10/98	13:10	1,0	30/10/98	22:20	3,1	31/10/98	7:30	0,0
30/10/98	13:20	0,6	30/10/98	22:30	4,0	31/10/98	7:40	0,0
30/10/98	13:30	0,5	30/10/98	22:40	4,0	31/10/98	7:50	0,0
30/10/98	13:40	1,0	30/10/98	22:50	5,3	31/10/98	8:00	0,0
30/10/98	13:50	0,8	30/10/98	23:00	2,5	31/10/98	8:10	0,0
30/10/98	14:00	1,8	30/10/98	23:10	1,0	31/10/98	8:20	0,0
30/10/98	14:10	0,4	30/10/98	23:20	1,9	31/10/98	8:30	0,0
30/10/98	14:20	2,1	30/10/98	23:30	2,2	31/10/98	8:40	0,2
30/10/98	14:30	0,7	30/10/98	23:40	2,7	31/10/98	8:50	0,2
30/10/98	14:40	0,5	30/10/98	23:50	2,5	31/10/98	9:00	0,1
30/10/98	14:50	0,3	31/10/98	24:00	1,6	31/10/98	9:10	0,15
30/10/98	15:00	0,3	31/10/98	0:10	1,1	31/10/98	9:20	0,05
30/10/98	15:10	0,2	31/10/98	0:20	3,4	31/10/98	9:30	0,1
30/10/98	15:20	0,2	31/10/98	0:30	1,7	31/10/98	9:40	0,05
30/10/98	15:30	0,2	31/10/98	0:40	5,3	31/10/98	9:50	0,05
30/10/98	15:40	0,3	31/10/98	0:50	2,8	31/10/98	10:00	0,1
30/10/98	15:50	0,8	31/10/98	1:00	4,8	31/10/98	10:10	0,25
30/10/98	16:00	0,5	31/10/98	1:10	3,3	31/10/98	10:20	1,0
30/10/98	16:10	0,5	31/10/98	1:20	2,5	31/10/98	10:30	1,5
30/10/98	16:20	0,3	31/10/98	1:30	1,0	31/10/98	10:40	1,1
30/10/98	16:30	0,3	31/10/98	1:40	0,5	31/10/98	10:50	0,1
30/10/98	16:40	0,4	31/10/98	1:50	0,7	31/10/98	11:00	0,15
30/10/98	16:50	0,4	31/10/98	2:00	1,3	31/10/98	11:10	0,0
30/10/98	17:00	0,1	31/10/98	2:10	1,3	31/10/98	11:20	0,65
30/10/98	17:10	0,0	31/10/98	2:20	2,8	31/10/98	11:30	0,15
30/10/98	17:20	0,0	31/10/98	2:30	0,9	31/10/98	11:40	0,2
30/10/98	17:30	0,0	31/10/98	2:40	1,6	31/10/98	11:50	0,8
30/10/98	17:40	0,1	31/10/98	2:50	1,2	31/10/98	12:00	0,8
30/10/98	17:50	0,1	31/10/98	3:00	1,9	31/10/98	12:10	1,1
30/10/98	18:00	0,1	31/10/98	3:10	1,8	31/10/98	12:20	0,6
30/10/98	18:10	0,0	31/10/98	3:20	2,5	31/10/98	12:30	1,7
30/10/98	18:20	0,1	31/10/98	3:30	0,7	31/10/98	12:40	1,6
30/10/98	18:30	0,2	31/10/98	3:40	1,5	31/10/98	12:50	1,7
30/10/98	18:40	1,4	31/10/98	3:50	2,0	31/10/98	13:00	1,5
30/10/98	18:50	1,5	31/10/98	4:00	1,2	31/10/98	13:10	1,5
30/10/98	19:00	0,5	31/10/98	4:10	1,4	31/10/98	13:20	1,1
30/10/98	19:10	0,2	31/10/98	4:20	1,9	31/10/98	13:30	0,6
30/10/98	19:20	0,1	31/10/98	4:30	1,5	31/10/98	13:40	1,0
30/10/98	19:30	0,3	31/10/98	4:40	3,8	31/10/98	13:50	1,6
30/10/98	19:40	0,05	31/10/98	4:50	2,0	31/10/98	14:00	0,9
30/10/98	19:50	0,0	31/10/98	5:00	1,5			

3.7.2 Información pluviométrica

La información pluviométrica se recopiló de la estación Santa Lucía, con coordenadas geográficas 14° 07' 00" y 87° 02' 00", la cual es manejada por la Dirección General de Recursos Hídricos (Figura 2).

El período de registros es de 17 años (1985-2001). Se seleccionaron las lluvias máximas anuales correspondientes a dos días continuos, las cuales se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Lluvias máximas anuales del período de 1985 a 2001

Año	Fecha	Lluvia 1 (mm)	Lluvia 2 (mm)	Total (mm)
1985	30-31 oct	48,7	19,5	68,2
1986	26-27 sept	9,8	45,9	55,7
1987	20-21 sept	24,6	75,4	100,0
1988	2-3 jul	43,6	53,3	96,9
1989	11-12 sept	45,5	36,7	82,2
1990	23-24 mayo	100,7	13,7	114,4
1991	21-22 sept	86,3	11,8	98,1
1992	17 mayo	68,0	0,0	68,0
1993	30-31 mayo	40,6	53,6	94,2
1994	18-19 mayo	50,3	20,5	70,8
1995	23-24 sept	22,2	50,0	72,2
1996	28-29 jul	56,1	46,7	102,8
1997	26-27 sept	18,5	70,6	89,1
1998	30-31 oct	139,1	116,7	255,8
1999	15-16 jun	10,2	34,8	45,0
2000	15-16 may	92,1	15,2	107,3
2001	7-8 sept	49,8	26,2	76,0

3.8 Análisis estadístico

Se recolectó los datos de precipitaciones máximas diarias anuales (en milímetros), de los registros de 1985 a 2001; se tomaron en cuenta dos días continuos de mayor precipitación mensual en el año, se tabuló y se procedió con el análisis de distribución Log-Pearson III.

El análisis de distribución de Log Pearson III se realizó usando hoja electrónica de excel dando entrada a los datos de precipitaciones: obteniendo número de datos, media, desviación estándar, coeficiente de sesgo y se concluye sobre los valores obtenidos, gráfica de valores históricos, curva de frecuencia teórica.

- Análisis estadístico de la información de precipitación.

- o Análisis estadístico de las series de datos de precipitación, considerando la lluvia máxima para diferentes duraciones de lluvia, análisis teórico y gráfico de los resultados, tomando en cuenta la duración del huracán Mitch. Determinación de la precipitación máxima para períodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

3.8.1 Distribución tipo III Log-Pearson

La experiencia ha demostrado que sólo los sucesos o eventos hidrológicos extremos tienen importancia para la predicción de catástrofes hidrológicas como las inundaciones. Por esto, se debe analizar solamente la serie de datos con valores máximos por año. Este método estadístico de distribución se utiliza con frecuencia para determinar la probabilidad de la ocurrencia de un evento extremo (cantidad de lluvia que provoca inundación).

A continuación se presentan los pasos del análisis estadístico, para hallar la precipitación o el caudal máximo de la serie de datos de valores máximos anuales.

3.8.2 Cálculo de parámetros estadísticos

Paso 1. Transformación a logaritmos

- Se transforman los datos de la muestra de precipitaciones máximas anuales (mm) x_i , (Cuadro 2) mediante logaritmo de base 10 de las precipitaciones ($\log x$) a sus valores logarítmicos y_i , luego se calcula la sumatoria de los mismos.

$$y_i = \text{Log}x_i \quad (3.8.2.1)$$

Paso 2. Cálculo de la media logarítmica

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (3.8.2.2)$$

Paso 3. Cálculo de la desviación estándar logarítmica S_y

$$S_y = \left(\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)^{1/2} \quad (3.8.2.3)$$

Paso 4. Cálculo de coeficiente de sesgo C_s

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^3}{(n-1)(n-2)S_y^3} \quad (3.8.2.4)$$

Paso 5. Cálculo de factores de frecuencia $K_{G_T, P}$

El K_T cambia según el coeficiente de sesgo y periodo de retorno

Los valores $K_{G_T, P}$ se calculan por interpolación del cuadro de Anexo 19, para los diferentes periodos de retorno (T).

Paso 6. Cálculo del logaritmo de precipitación estimada $\log P_T$.

El valor Q_T se calcula a partir de la ecuación de Chow

$$y_T = \bar{y} + K_T S_y \quad (3.8.2.5)$$

Paso 7. Cálculo de precipitación estimada

$$P_T = 10^{y_T} \quad (3.8.2.6)$$

Chequeo por valores extremos

Si el coeficiente de sesgo $G > 0.4$ se hace primero prueba para valores extremos altos

Si el coeficiente de sesgo $G < -0.4$ se hace primero prueba para valores extremos bajos

Si el coeficiente de sesgo $-0.4 < G < 0.4$ se hace prueba para valores extremos altos y bajos.

A continuación se presenta el diagrama utilizado para valores extremos, si $G > 0.4$.

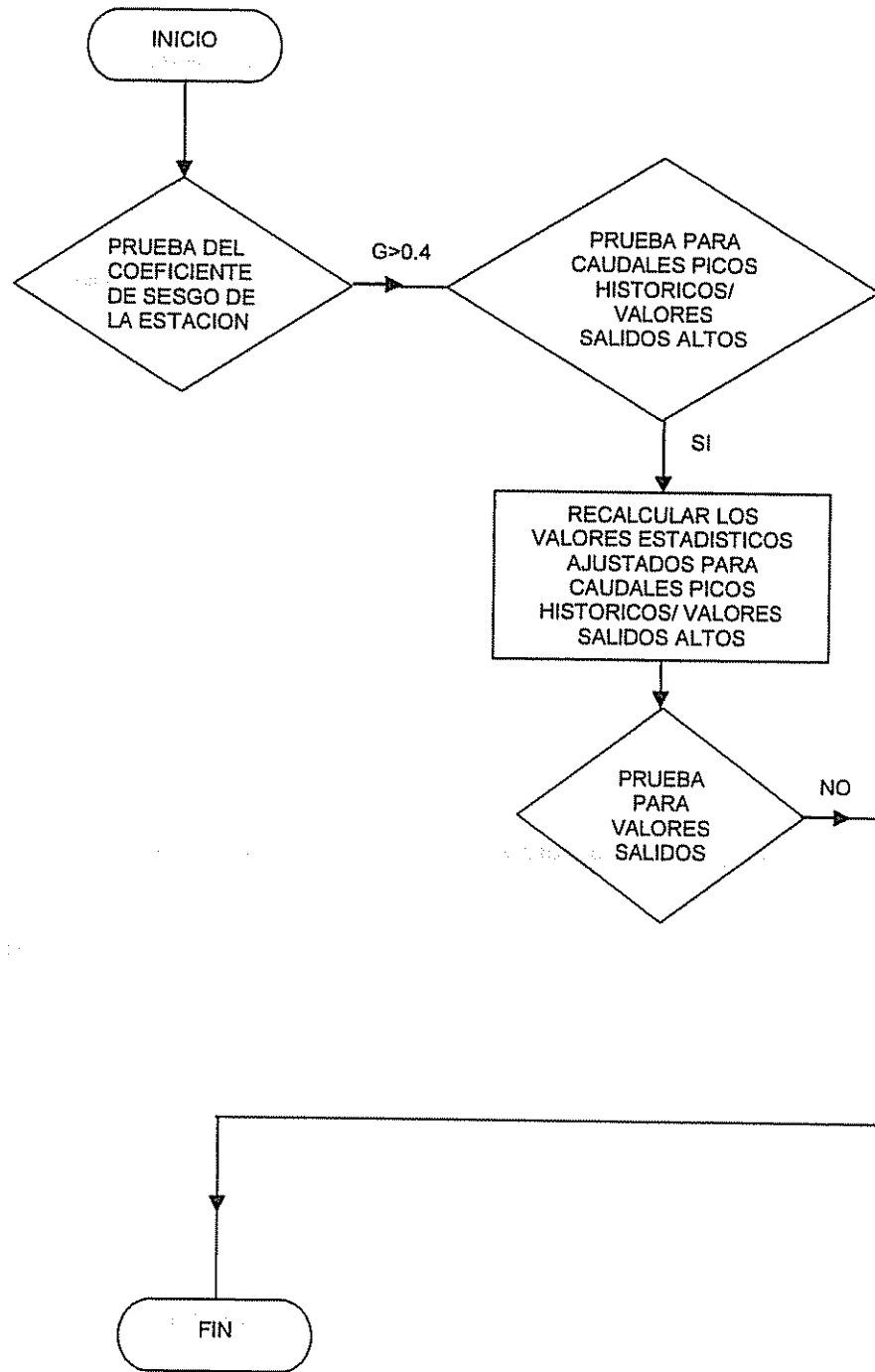


Figura 3. Diagrama de flujo para caudales históricos y ajuste de valores salidos

Fuente: Interagency advisory committee on water data, 1982

Valores extremos máximos:

K_n se determina según el número de datos del Anexo 17

$$XH = \bar{X} + K_n * S \quad (3.8.2.7)$$

$$PH = 10^{XH} \quad (3.8.2.8)$$

Se concluye sobre los valores salidos.

$$W = \frac{H - Z}{N + L} \quad (3.8.2.9)$$

Donde:

W = es el factor de peso

H = período histórico

Z = evento máximo

N = período sistemático del registro

L = número de valores extremos bajos

Se calcula los valores ajustados para la media, desviación estándar y sesgo

Valores ajustados para la media \hat{M} :

$$\hat{M} = \frac{WNM + \sum X_z}{H - WL} \quad (3.8.2.10)$$

Donde:

\hat{M} = media ajustada

$M = \bar{X}$ = media

X_z = Logaritmo de valor salido máximo

Valores ajustados para la desviación estándar \hat{S} :

$$\hat{S}^2 = \frac{W(N-1)S^2 + WN(M - \hat{M})^2 + \sum (X_z - \hat{M})^2}{H - WL - 1} \quad (3.8.2.11)$$

Valores ajustados para el coeficiente de sesgo \hat{G} :

$$\bar{G} = \frac{H-WL}{(H-WL-1)(H-WL-2)S^3} \left[\frac{W(N-1)(N-2)S^3 G}{N} + 3W(N-1)(M-\bar{M})S^2 + WN(M-\bar{M})^3 + \sum (X_z - \bar{M})^3 \right] \quad (3.8.2.12)$$

Se verifica si hay valores extremos mínimos

$$XL = \bar{X} - Kn * S \quad (3.8.2.13)$$

$$PL = 10^{-NL} \quad (3.8.2.14)$$

Se calcula la posición ajustada de los datos históricos para plotearlos

Para el evento máximo $m = 1$, para los siguientes eventos

$$Rango(m) = WE - (W - 1)(Z + 0,5) \quad (3.8.2.15)$$

Distribución de Weibull

$$PP = \frac{m}{H+1} (100) \quad (3.8.2.16)$$

Donde:

PP = posición de ploteo

Probabilidad de excedencia (PE)

$$PE = \frac{PP}{100} \quad (3.8.2.17)$$

Gráfica de valores históricos

En el eje "x" se representan los valores de T Weibull en años y en eje "y" las precipitaciones en milímetros.

Bandas de confianza

Se tabula y se hacen cálculos para obtener las bandas de confianza del 90%, en función del tamaño de la muestra y del período de retorno, lo cual significa que al menos un 90%, de los valores observados deben caer dentro de las bandas de confianza.

Los límites se especifican con las siguientes fórmulas:

$$U_{P,C}(X) = \bar{X} + S(K_{P,C}^U) \quad (3.8.2.18)$$

$$L_{P,C}(X) = \bar{X} - S(K_{P,C}^L) \quad (3.8.2.19)$$

$$K_{P,C}^U = \frac{K_{G_w, P} + \sqrt{K_{G_w, P}^2 - ab}}{a} \quad (3.8.2.20)$$

$$K_{P,C}^L = \frac{K_{G_w, P} - \sqrt{K_{G_w, P}^2 - ab}}{a} \quad (3.8.2.21)$$

$$a = 1 - \frac{z_C^2}{2(N-1)} \quad (3.8.2.22)$$

$$b = K_{G_w, P}^2 - \frac{z_C^2}{N} \quad (3.8.2.23)$$

Donde:

$U_{P,C}(X)$ = límite de confianza superior en unidades logarítmicas

$K_{P,C}^U$ = coeficiente de confianza superior

$L_{P,C}(X)$ = límite de confianza inferior en unidades logarítmicas

$K_{P,C}^L$ = coeficiente de confianza inferior

$K_{G_w, P}$ = valor de K para G_w y P de Anexo 19

z_C = valor de K para $G = 0$ y $P = 0.05$ de Anexo 19

Los valores de G_{inf} , (sesgo inferior) G_{sup} (sesgo superior), ambos valores son los límites del sesgo.

$K_{G_w, P}$ se obtiene interpolando los valores límites superior e inferior del sesgo calculado con su respectiva probabilidad.

Cálculo de curva de frecuencia teórica

Para estimar las precipitaciones esperadas para cada período de retorno se calculan con la fórmula de Chow:

(3.8.2.24)

$$X = \bar{M} + K_{G_{H,P}} * S$$

Se multiplicó $K_{G_{H,P}}$ por la desviación estándar ajustada y se sumó la media ajustada, el resultado de este cálculo es el logaritmo de base 10 y al efectuar esta operación se obtiene la precipitación para cada período de retorno. La precipitación estimada para cada período de retorno se utiliza en la modelación hidrológica como la lámina de agua de la cuenca de cada período de retorno.

Se procede a elaborar la gráfica en donde el eje "y" representa precipitaciones en mm, y el eje "x" representa el período de retorno en años; se grafican las respectivas bandas de confianza, los valores históricos y los valores teóricos.

El análisis de esta gráfica permite evaluar la validez de los valores teóricos. Si la distribución teórica no es satisfactoria se debe utilizar un ajuste gráfico.

3.9 Modelación hidrológica

La modelación hidrológica consideró los afluentes permanentes del Río La Soledad, los cuales son las Quebradas Agua Amarilla, San Francisco, Los Jutes, El Carrizal y Agua Dulce; también los afluentes no permanentes del Río La Soledad, tales como Los Pinos, La Seca y La Pradera.

El análisis hidrológico se realizó utilizando el modelo hidrológico HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System), el cual permite calcular el caudal en la cuenca en donde se desea definir las planicies de inundación, requiriéndose de los siguientes pasos.

- Distribución espacial de la lluvia.
 - Por no existir una estación pluviométrica que esté dentro de la cuenca, se seleccionó la estación Santa Lucía que es la más cercana, se

localiza a 8,7 km del centro del área de la microcuenca y a 1500 msnm, con el propósito de calcular la lámina media (Figura 2).

- Cálculo estadístico de la lámina espacial máxima de lluvia para períodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, para la duración de la lluvia de diseño, a partir de los registros de la estación seleccionada.
- Distribución temporal de la lluvia.
 - Se seleccionó la estación pluviográfica Tegucigalpa que es la más cercana a la microcuenca. La separación, del centro del área de la microcuenca a esta estación es de 21,4 km, la elevación es de 1000 msnm (Figura 2).
 - Análisis de hietogramas históricos de huracanes para calcular la duración de la lluvia de diseño.
 - Se seleccionó el hietograma de una precipitación extraordinaria, como fue la correspondiente al huracán Mitch, que demostró tener las condiciones más críticas. El hietograma seleccionado se utilizó para distribuir temporalmente la lámina de lluvia (Figura 4).

HMS - Gage Time Series

Gage ID : Estación Tegucigalpa

Description : Estación pluviográfica Tegucigalpa ->

Date	Time	Incremental Precip mm
30 Oct 1998	10:50	0.000
30 Oct 1998	11:00	0.200
30 Oct 1998	11:10	0.600
30 Oct 1998	11:20	5.000
30 Oct 1998	11:30	1.800
30 Oct 1998	11:40	2.000
30 Oct 1998	11:50	1.000
30 Oct 1998	12:00	3.000
30 Oct 1998	12:10	1.800
30 Oct 1998	12:20	1.300

Print Close

Figura 4. Hietograma inicial estación Tegucigalpa

- o Cálculo de la lluvia de exceso, que es la porción de la lluvia total que escurre superficialmente. Para este propósito se utilizó el método de número de curva del Servicio de Conservación de Suelos. El cálculo de número de curva CN, se usó para modelar la capacidad de infiltración de la cuenca. Este valor se calculó con base en la información disponible sobre la cobertura vegetal, la textura y profundidad de los suelos y el conocimiento adquirido en las visitas de campo. Las visitas efectuadas con especialistas del PMDN concluyeron que hay suelos superficiales en las laderas y medios en los valles. En general la textura tiende a ser predominantemente franca. Se procedió al uso de SIG de la siguiente manera:
 - Se prepara una capa con el uso de la tierra adecuado a las condiciones del estudio realizado.
 - Se prepara una capa con la textura y profundidad de suelo.
 - Se sobreponen las dos capas y se obtienen unidades homogéneas de uso de la tierra, textura y profundidad de suelo.

- Se asocia un número de curva a cada unidad y se obtiene un valor promedio pesado por área de CN para la cuenca entera.
- Transformación de la lluvia de exceso en escurrimiento. Para realizar esta transformación se utilizó el hidrograma unitario adimensional del SCS, para lo cual se debe determinar el tiempo de desfase. Este parámetro mide el tiempo que transcurre entre el centro de masa de la lluvia y la ocurrencia del caudal máximo, dependiendo de la geomorfología de la cuenca. En esta modelación se utilizó la ecuación desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos a partir de la ecuación de Kirpich, para el cual es necesario determinar por medio del MED:
 - La longitud máxima de recorrido superficial del agua
 - La diferencia entre el punto más alto y el más bajo de la cuenca.

Corrida del modelo HEC-HMS. Con los datos mencionados se prepara un proyecto de modelación que produce los caudales que se utilizan en la modelación hidráulica para los diferentes períodos de retorno.

3.9.1 Procesamiento en el sistema de información geográfico

Para la delimitación de las subcuencas se utilizaron las hojas cartográficas 2758 I y 2758 II, de San Juan de Flores y Tegucigalpa respectivamente. Las hojas cartográficas fueron escaneadas y exportadas a GIS, para luego digitalizarlas y automáticamente trazar los límites de la cuenca y subcuencas siguiendo la línea divisoria de aguas hacia un sector de drenaje natural.

La obtención de parámetros de entrada que requiere el HEC-HMS, se obtuvo del procesamiento con ArcView 3.2 utilizando los siguientes mapas:

- Modelo de elevación digital
- Drenajes principales
- Textura
- Uso de suelo y cobertura
- Límites de cuenca y subcuencas
- Cálculo de CN
- Ubicación de estaciones meteorológicas

3.9.2 Cálculo del número de curva (CN)

3.9.2.1 Cálculo de CN(II)

Para calcular el valor del número de curva de escorrentía de cada subcuenca CN(II) se usó Anexo 18, se tomaron en cuenta las variables cobertura y profundidad del suelo, condición hidrológica y textura del suelo según grupo hidrológico.

Por medio del SIG se calcularon los valores de CN para cada subcuenca.

Para determinar la cobertura del suelo se procedió de la siguiente manera:

1. Se estratificó el área de cada subcuenca en Bosque y No bosque (considerado como pasto)
2. Se consideró la condición hidrológica como media y buena
3. Para la clasificación de suelos según grupo hidrológico se determinaron suelos de textura francos de profundidad media y superficial (Anexo 4).

3.9.2.2 Cálculo de CN(III)

Para calcular el CN(III) de cada subcuenca, se da entrada al CN(II) de cada estrato obtenido de Anexo 5 y se aplica la siguiente ecuación:

$$CN(III) = 23 * CN(II) / (10 + 0.13 * CN(II)) \quad (3.9.2.2.1)$$

Si la lluvia en los cinco días previos al día del evento extremo es superior a 53 mm se considera condición humedad para la cual se aplica CN (III).

Se decidió usar el CN(III) porque en Honduras las altas precipitaciones se dan en época de invierno en los meses de mayo a noviembre, por consiguiente los suelos permanecen húmedos.

3.9.2.3 Cálculo de CN(III) Medio

El CN(III) medio se calcula multiplicando el CN(III)_i obtenido por el subárea específica A_i de cada grupo hidrológico de la subcuenca, una vez finalizado este cálculo, la sumatoria de estas operaciones se divide por el área total de la subcuenca, cuyo resultado es el CN(III)Medio de la subcuenca. Para las demás áreas se empleo el mismo procedimiento.

$$CN(III)_{Medio} = \frac{\sum CNi * Ai}{\sum Ai} \quad (3.9.2.3.1)$$

3.9.2.4 Tiempo de desfase

El tiempo de desfase se expresa en horas, se calculó mediante la fórmula de Kirpich:

$$Tlag(hr) = 0.6 * \left(\frac{L^{1.15}}{3080 * H^{0.38}} \right) \quad (3.9.2.4.1)$$

Donde:

Tlag(hr)=Tiempo de desfase en horas

L= Longitud máxima L_{max} del río en metros, del parte aguas al sitio de interés.

H= Desnivel entre el punto de inicio y el final de la distancia L_{max}

3.10 Uso de Hec-HMS

Enfoque teórico sobre el empleo del HEC-HMS

La ejecución de una simulación en el HEC-HMS, requiere las siguientes especificaciones:

- El primer conjunto, llamado **Modelo de Cuenca**, contiene parámetros y datos conectados para elementos hidrológicos. Los tipos de elementos son: subcuenca, tránsito de avenidas, unión, reservorio, fuente y derivación. En cada uno de ellos se asigna atributos y parámetros.

A continuación se presenta en Figura 5, el modelo de Cuenca La Soledad.

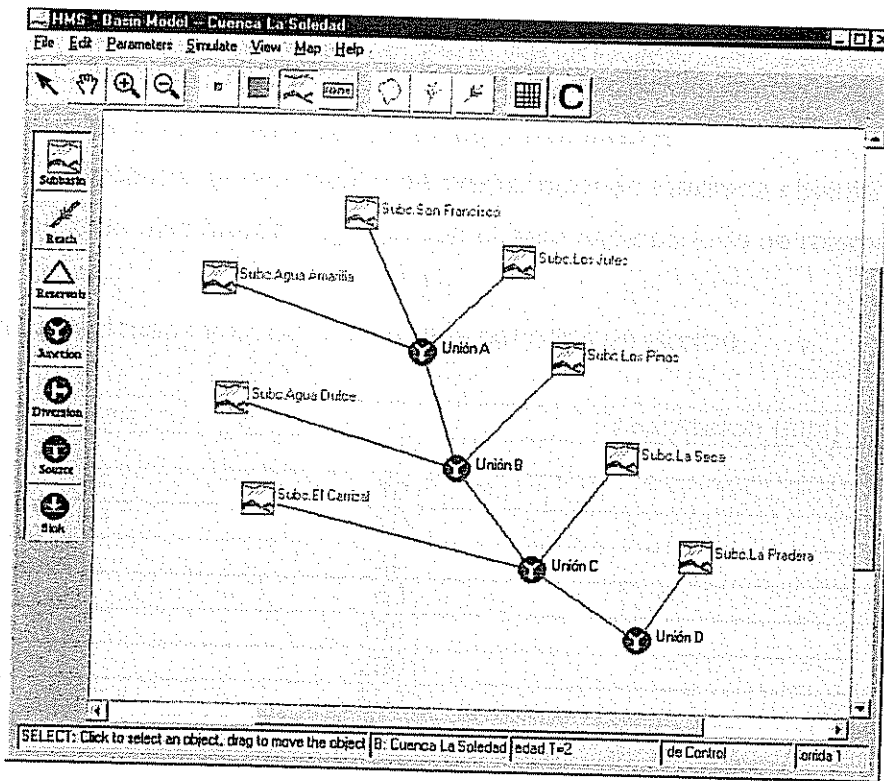


Figura 5. Modelo de Cuenca La Soledad

Los parámetros que utiliza este modelo en las subcuencas son: las pérdidas iniciales, la transformación de lluvia en escurrimiento y el método del flujo base.

Figura 6. Parámetros del modelo de cuencas

- El segundo conjunto llamado **Modelo Meteorológico**, en el que se define una precipitación hipotética o histórica para ser utilizada junto con el modelo de precipitación. Consiste en datos meteorológicos e información requerida para procesarlos.

En el modelo se introduce la información de precipitaciones máximas obtenidas mediante el análisis estadístico de distribución Log Pearson III para cada período de retorno (Cuadro 3).

Cuadro 3. Precipitaciones máximas a diferentes períodos de retorno

Período de retorno (T años)	Precipitación (mm)
2	81
10	132
20	157
25	165
50	194
100	226
200	262
500	317
1000	365

En este modelo se introduce la lámina de agua para la estación pluviométrica Santa Lucía, con base al período de retorno y lámina de agua de la Figura 7.

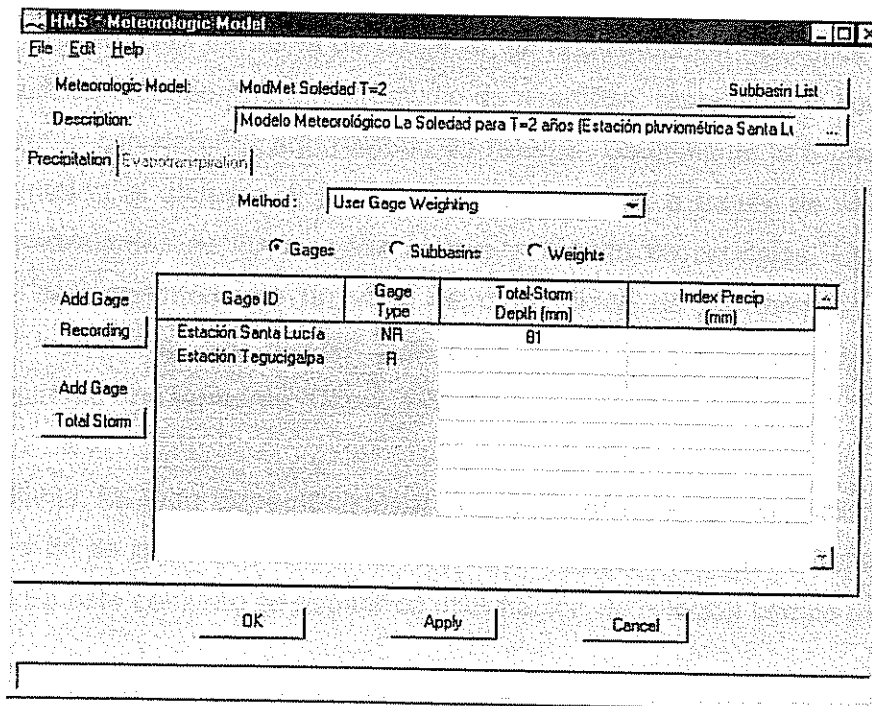


Figura 7. Modelo meteorológico con lámina de agua para estación pluviométrica

Las estaciones de Santa Lucía y Tegucigalpa, pluviométrica y pluviográfica respectivamente, se les introduce información de pesos ponderados para cada subcuenca con los diferentes periodos de retorno (Figura 8).

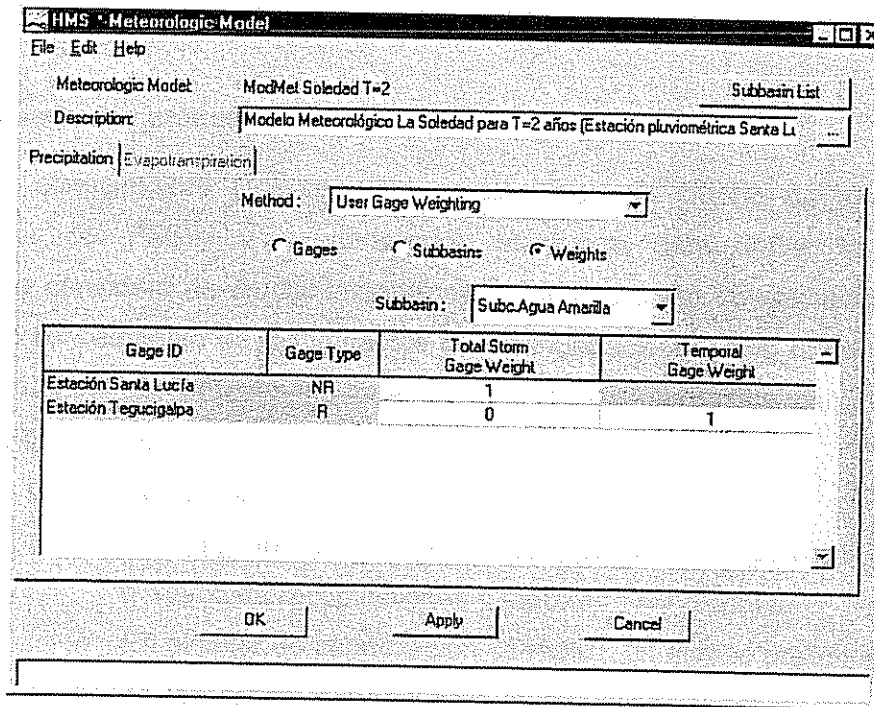


Figura 8. Modelo meteorológico con pesos ponderados por estación

Tormenta de diseño. Una tormenta de proyecto, es la distribución hipotética de la cantidad de lluvia precipitada en el tiempo. En el estudio de avenidas, representa la lluvia que genera un caudal extremo con determinado periodo de retorno. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de éste se calculan utilizando procedimientos de lluvia – escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta (Chow, 1994).

- El tercer conjunto, llamado **Especificaciones de Control**, en el que se incluye la fecha y la hora de inicio y fin de la simulación e intervalo de tiempo para el cálculo del hidrograma de escurrimiento. En este conjunto se especifica información de relación tiempo para efectuar la simulación.

3.11 Modelación hidráulica

La modelación hidráulica consideró los principales afluentes del Río La Soledad, los cuales son las Quebradas Agua Amarilla, San Francisco, Los Jutes, El Carrizal y Agua Dulce.

3.11.1 Análisis de las planicies de inundación

Se utilizó el conocimiento local de la problemática, el criterio de los especialistas hidrogeológicos del PMDN y la modelación hidráulica, para definir las planicies de inundación. Se consideró de crucial importancia la incorporación de actores locales no solo por su valioso conocimiento de los impactos de las inundaciones, sino también para que se motiven y adueñen del proceso, lo cual es una condición básica para la adopción y sostenibilidad del mismo.

- Conocimiento local.
 - Investigación sobre eventos del pasado, no registrados técnicamente, a través de recopilaciones y reportes periodísticos.
 - En el taller de capacitación se realizó un mapeo preliminar participativo de las zonas vulnerables a inundaciones y deslizamientos, por parte de un numeroso y representativo grupo de actores de la cuenca. En este taller se eligió a tres dirigentes locales que sirvan de enlace y guía de los especialistas del PMDN.
 - Participación del personal de enlace y otros elementos locales que han sido testigos directos de los eventos extremos más recientes, en las visitas preliminares y detalladas de los especialistas.
- Criterio de los especialistas hidrogeológicos.
 - Se identificaron sitios vulnerables en el estudio de Zonas de Riesgo, Diagnóstico AMHON.
 - Se revisó documentación de estudios sobre sitios vulnerables por inundaciones en el área de estudio.
 - Análisis de mapas cartográficos y ortofotos.
 - Se realizó una visita preliminar y detallada en compañía de especialistas, con la colaboración del personal de enlace, para identificar sitios con problemas de inundaciones y socavación, y las causas.
- Modelación hidráulica.

El modelo HEC-RAS requiere de valores de entrada de datos geométricos y de caudal.

3.11.2 Datos geométricos

Los datos geométricos básicos consisten en establecer la conectividad de sistema del río (Sistema esquemático del río); los datos de la sección transversal; las longitudes del tramo; los coeficientes de pérdida de energía (pérdidas de fricción, contracción y pérdidas por expansión); y la información de unión de ríos. Datos de las estructuras hidráulicas (puentes, alcantarillas, vertederos, diques etc...) (HEC-RAS 3.0, 2001).

3.11.3 El sistema esquemático del río

El sistema esquemático del río se requiere para cualquier dato geométrico puesto dentro del sistema de HEC-RAS. El sistema esquemático define cómo los varios tramos del río se conectan, así como estableciendo un nombramiento convencional para referenciar toda la información. El sistema esquemático del río es desarrollado dibujando y conectando los varios tramos del sistema dentro del editor de los datos geométricos. El usuario requiere desarrollar el sistema esquemático del río antes de que cualquier otra información pueda introducirse.

La conectividad de tramos es muy importante para que el modelo entienda cómo los cálculos deben proceder de un tramo al próximo. El usuario debe trazar cada tramo del río aguas arriba y aguas abajo, en lo que se considera que es la dirección de flujo positiva. La conexión de tramos se considera una unión. La unión sólo debe establecerse en las situaciones donde dos o más ríos se juntan o se bifurcan. No pueden establecerse uniones con un solo tramo que fluye en otro solo tramo. En Figura 9 se presenta el esquema del Río La Soledad y las secciones transversales.

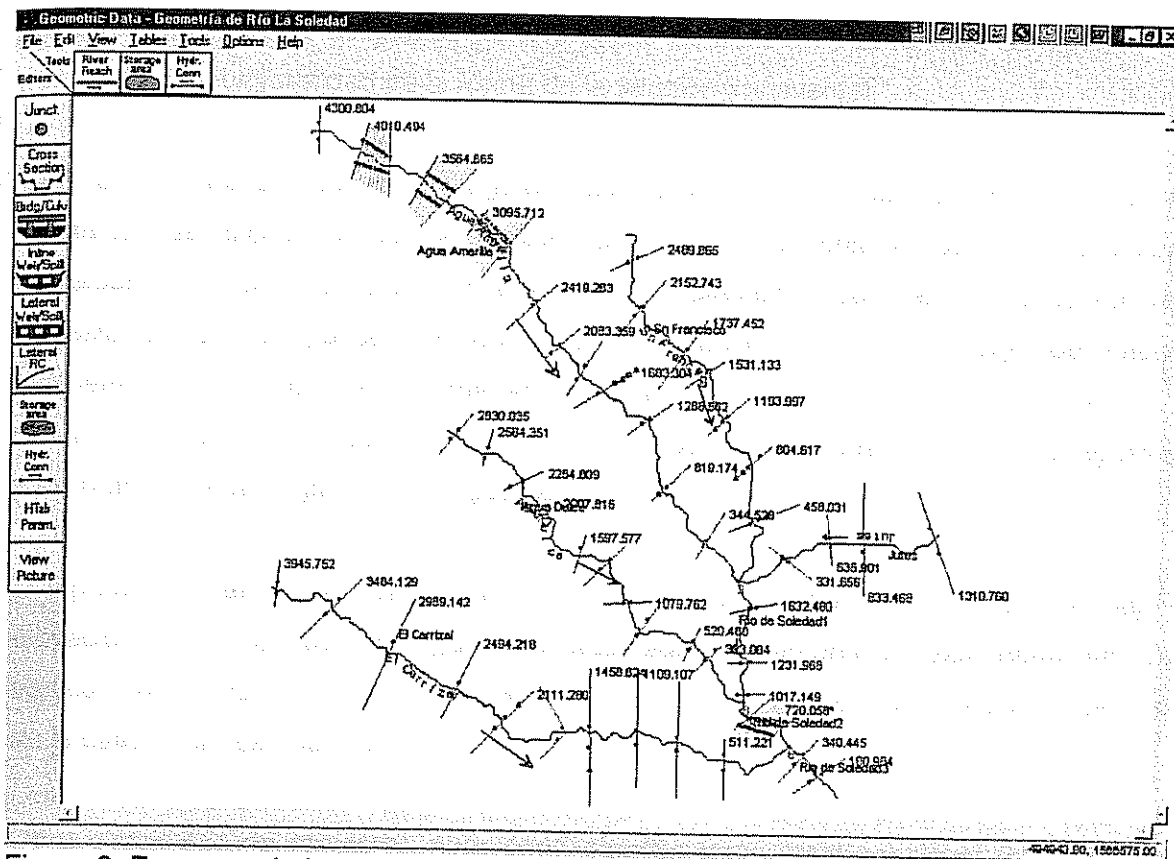


Figura 9. Esquema de la geometría del Río La Soledad con secciones transversales

3.11.4 Geometría de la sección transversal

El límite de la geometría para el análisis de flujo en ríos naturales se especifica en términos de perfiles de superficie de tierra (secciones transversales) y las distancias medidas entre ellas (longitudes del tramo). Las secciones transversales se localizan a intervalos a lo largo de un río para caracterizar la capacidad del flujo que lleva el río y su planicie de inundación adyacente (Figura 9). Ellas deben extenderse por toda la planicie de inundación y deben ser perpendiculares a las líneas del flujo (aproximadamente perpendicular a las líneas de contorno de tierra). Un esfuerzo debe hacerse para obtener secciones transversales que representen con precisión la geometría del río y la planicie de inundación.

Las secciones transversales son requeridas en las localizaciones representativas a lo largo de un tramo del río y en las situaciones donde ocurren cambios en el caudal, pendiente, forma, o rugosidad, en la situación donde empiezan o acaban los diques, en puentes o estructuras de control como diques. Donde ocurren los cambios abruptos, varias secciones transversales deben usarse para describir el cambio sin tener en cuenta la distancia. El

espaciamiento de las secciones transversales es también una función del tamaño del río, pendiente, y la uniformidad de la forma de la sección transversal.

Cada sección transversal en un juego de datos de HEC-RAS es identificada por un río, tramo y estación identificada del río. La sección transversal es descrita introduciendo la estación y elevación (X-Y datos) de izquierda a derecha, en dirección aguas abajo. Los identificadores de estación del río pueden corresponder al estacionamiento a lo largo del cauce, en kilómetros, o cualquier otro sistema ficticio. El sistema numérico debe ser consistente, en el que el programa asume que los números más altos son los correspondientes a aguas arriba y los números más bajos son de aguas abajo.

Los puntos extremos de una sección transversal que son demasiados bajos (debajo de la elevación de la superficie de agua calculada) automáticamente se extenderán en posición vertical y una nota que indica que la sección transversal tuvo que ser extendida se mostrará en la salida para esa sección.

Otros datos que se requieren para cada sección transversal consisten de: tramos largos aguas abajo; los coeficientes de rugosidad; coeficientes de contracción y expansión (Figura 10).

Cross Section Data - Geometría de Río La Soledad

Exit Edit Options Plot Help

River: Agua Dulce Apply Data

Reach: Agua Dulce River Sta: 2284.809

Description

Del Row	Ins Row	Station	Elevation
1	0	0	1362.01
2	11.86	11.86	1364
3	21.65	21.65	1366.53
4	30.45	30.45	1368.26
5	47.72	47.72	1369.37
6	49.04	49.04	1369.45
7	49.71	49.71	1369.53
8	67.62	67.62	1371.26
9	77.77	77.77	1371.27
10	86.21	86.21	1371.71

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
260.03	276.99	273.65

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.1	0.05	0.1

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
133.88	216.32

Contraction/Expansion Coefficients	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Normal Ineffective Flow Areas

Enter to move to next downstream river station location

Figura 10. Datos geométricos de la sección transversal

Las numerosas opciones del programa están disponibles para permitirle al usuario facilidad para agregar o modificar datos de la sección transversal. Por ejemplo, donde el usuario desea repetir una sección transversal inspeccionada, una opción está disponible de la interfase para hacer una copia de cualquier sección transversal. De una vez una sección transversal es copiada, otra opción está disponible para permitirle al usuario modificar las dimensiones horizontales y verticales de los datos de la sección transversales repetidas. Una serie de opciones del programa está disponible para restringir flujo a las áreas de flujo efectivas de secciones transversales. Entre estas capacidades es opción para: las áreas de flujo inefectivas; diques; y obstrucción bloqueada. Todas estas capacidades están disponibles en "Opción "menú del editor de datos de sección transversal.

Para definir áreas inefectivas el usuario debe establecer una estación izquierda y su elevación y una estación derecha y su elevación (áreas inefectivas normales). Si la superficie de agua está debajo de las elevaciones inefectivas establecidas, las áreas a la izquierda de la estación izquierda y al derecho de la estación derecha se consideran inefectivas. Una vez la superficie de agua supera cualquiera de las elevaciones establecidas, entonces ese área específica ya no es considerada inefectiva. A continuación se presenta en Figura 11 del perfil de sección transversal y área bloqueada por la izquierda.

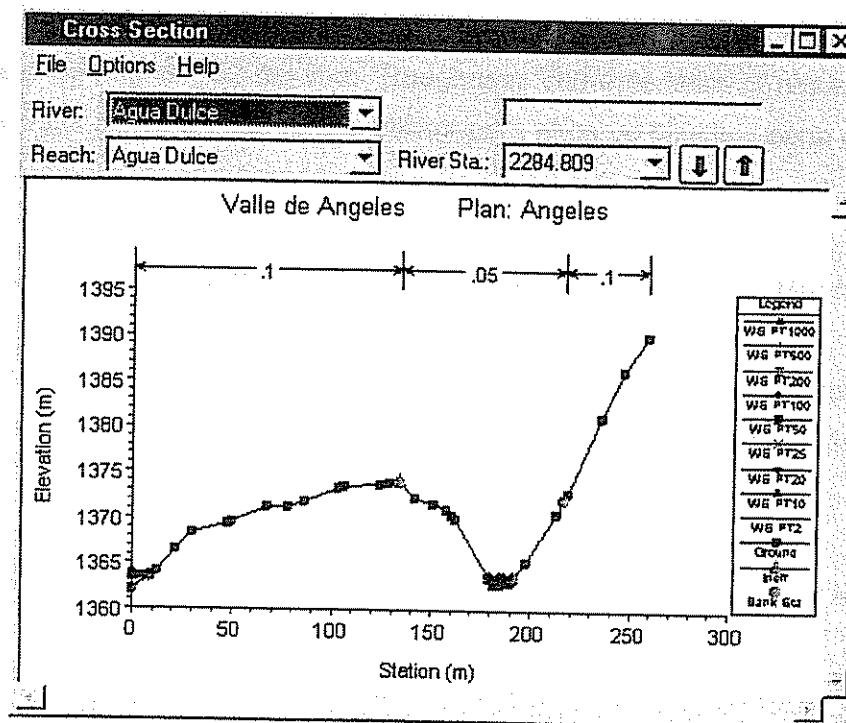


Figura 11. Perfil de sección transversal y área bloqueada por la izquierda

3.11.5 Longitud del tramo

Las distancias medidas entre sección transversal son llamadas longitudes del tramo. Las longitudes del tramo para el banco izquierdo o derecho, y sobre el cauce principal se especifican en el editor de datos de sección transversal. La longitud del tramo del cauce es típicamente medida a lo largo del punto más bajo de la sección transversal. Longitudes de tramos sobre el banco deben medirse anticipadamente a lo largo del centro de masa del flujo sobre el banco. Frecuentemente, estas tres longitudes serán de valor similar. Hay, sin embargo, condiciones donde ellos diferirán significativamente, como en las curvaturas del río, o donde el cauce serpentea.

3.11.6 "n" de Manning

La selección de un valor apropiado para valor de n de Manning es muy significativo en los perfiles de superficie de agua calculados. El valor de n de Manning es muy variable y depende de varios factores incluso rugosidad de la superficie, vegetación, las irregularidades del cauce, la alineación del cauce.

Los valores de "n" de Manning se seleccionaron siguiendo el siguiente criterio:

Comparación con foto de sitio El Carmelo (Figura 12), con elevación de 1296 m, longitud 0495885 latitud 1564476 y fotografía #1198 (Figura 13) aguas arriba de sección 16 de Quebrada Clear de página 152 del libro "Roughness characteristics of natural channels". Se decidió que el valor de "n" de manning a utilizar para el canal principal sería de $n=0,05$ por la similitud de las fotografías comparadas.

Para los bancos izquierdo y derecho se seleccionaron valores de "n" de Manning de 0,1.

También se tomaron en cuenta las indicaciones de valores de n de Manning para cauces principales, planicies de inundaciones y ríos de montaña correspondientes a corrientes naturales, con base Anexo 20.

A continuación se presentan fotografías que se compararon para determinar la n de Manning

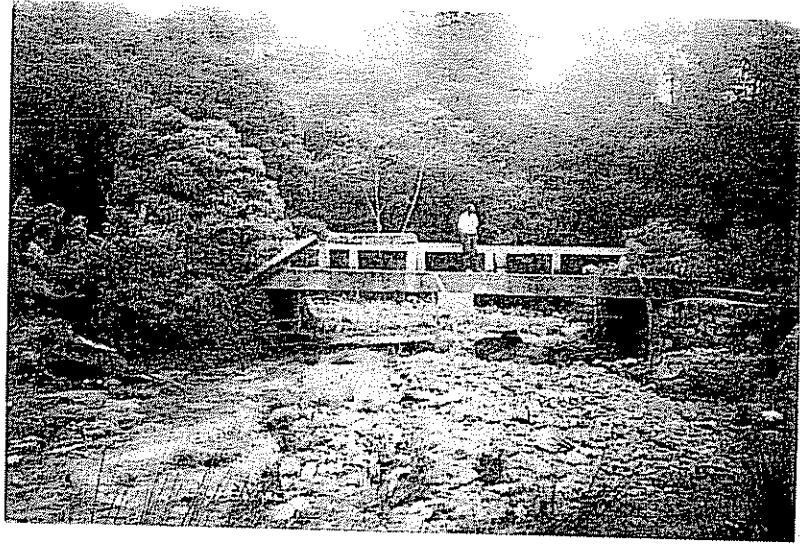
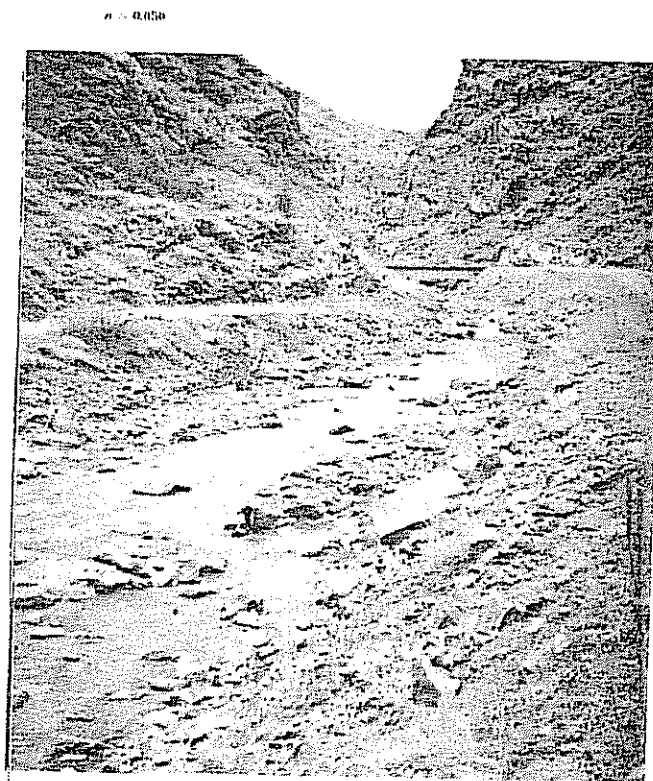


Figura 12. Fotografía aguas abajo de sitio VA-6, Puente El Carmelo



No. 12% upstream from section 16, Clear Creek near Golden, Colo.

Figura 13. Fotografía aguas arriba de sección 16, Quebrada Clear, Golden Colorado

Fuente: Roughness characteristics of natural channels, 1982

3.11.7 Datos de flujo permanente

Los datos de flujo permanente se requieren para realizar cálculos de un perfil de agua superficial permanente. Los datos de flujo permanentes consisten de: régimen del flujo; condiciones de frontera; e información de caudales pico.

3.11.8 Régimen de flujo

Los cálculos del perfil empiezan en una sección transversal, iniciando con condiciones conocidas o asumidas y proceden aguas arriba para flujo subcrítico o aguas abajo para flujo del supercrítico. El régimen de flujo (subcrítico, supercrítico, o el régimen de flujo mixto) se especifica en la ventana de análisis de flujo permanente de la interfase del usuario. En casos donde el régimen de flujo pasará del subcrítico a supercrítico, o supercrítico para sustituir el crítico, el programa debe correrse en un modo de régimen de flujo mixto.

3.11.9 Análisis del tipo de flujo

En flujo subcrítico (valles) sólo se necesitan datos en el extremo aguas abajo del sistema de ríos, se calcula una pendiente sólo en unión "D" aguas abajo. El flujo subcrítico presenta valores <1

En flujo supercrítico (montañas) sólo en el extremo aguas arriba del sistema de ríos, se calculan cinco (5) pendientes o sea una (1) pendiente para cada quebrada. El flujo supercrítico presenta valores >1 .

En flujo mixto (cuando se alternan el flujo subcrítico y el supercrítico) se requieren datos en ambos extremos, se consideran las pendientes calculadas para flujo subcrítico y supercrítico, en este caso seis (6) pendientes. En las uniones 2, 8 y 6 no se introducen pendientes

3.11.10 Introducción de pendientes (S)

Se utiliza la pendiente topográfica del tramo del cauce de las dos primeras secciones aguas arriba. La pendiente se calcula dividiendo la diferencia de desnivel topográfico de la rasante del canal (cota superior H_{min2} – cota inferior H_{min1}) entre la longitud del tramo. Los datos para el cálculo de la pendiente se obtienen de la geometría del cauce generada en Hec-GeoRas.

Para introducir las pendientes de los flujos se toma en cuenta lo antes expuesto.
Cálculo de pendientes topográficas, (Anexo 24 y 25):

$$S = \frac{H \text{ min } 2 - H \text{ min } 1}{L_{1-2}} \quad (3.11.10.1)$$

Donde:

S = pendiente

$H \text{ min } 2$ = altura mínima de estación 2

$H \text{ min } 1$ = altura mínima de estación 1

L_{1-2} = diferencia de longitud de estación 1 y 2

3.11.11 Condiciones de frontera

Las condiciones de frontera son necesarias para establecer el inicio de la superficie de agua en los extremos del sistema del río (aguas arriba y aguas abajo). Para que el programa empiece los cálculos es necesario iniciar con el agua de la superficie. En un régimen de flujo subcrítico, las condiciones de frontera son sólo necesarias en los extremos aguas abajo del sistema del río. Si un régimen de flujo de supercrítico va a ser calculado, las condiciones de frontera son sólo necesarias en los extremos aguas arriba del sistema del río. Si un cálculo de régimen de flujo mixto va ser hecho, entonces deben introducirse condiciones de frontera en todos los extremos del sistema del río.

3.11.12 Profundidad normal

Para este tipo de condición de frontera, se requiere que el usuario introduzca una pendiente de energía, que puede ser la pendiente del cauce principal, en los extremos iniciales o final del río, que se usará para calcular la profundidad normal usando la ecuación de Manning. Una profundidad normal se calculará para cada perfil.

3.11.13 Información de caudales

La información de caudales se requiere para cada sección transversal para calcular el perfil de superficie de agua. Los datos de caudal son introducidos en el extremo aguas arriba de cada tramo. Al menos un valor de flujo debe introducirse para cada tramo en el sistema del

río. El flujo puede cambiarse en cualquier sección transversal dentro de un tramo. Debe introducirse datos de caudal para el número total de perfiles que serán calculados.

El modelo HEC-RAS realiza el cálculo del perfil de la superficie del agua, en un análisis unidimensional, para flujo permanente, o sea, sólo para el caudal máximo, gradualmente variado en ríos.

Para el cálculo del perfil del río se resuelve la ecuación de energía de Bernoulli, en cada sección transversal, utilizando el método de paso estándar.

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (3.11.13.1)$$

Donde:

WS_1, WS_2 = elevación de la superficie del agua en la sección transversal

V_1, V_2 = velocidad promedio (caudal total / flujo total del área)

α_1, α_2 = coeficiente de peso de velocidad

g = aceleración gravitacional

h_e = pérdida energética

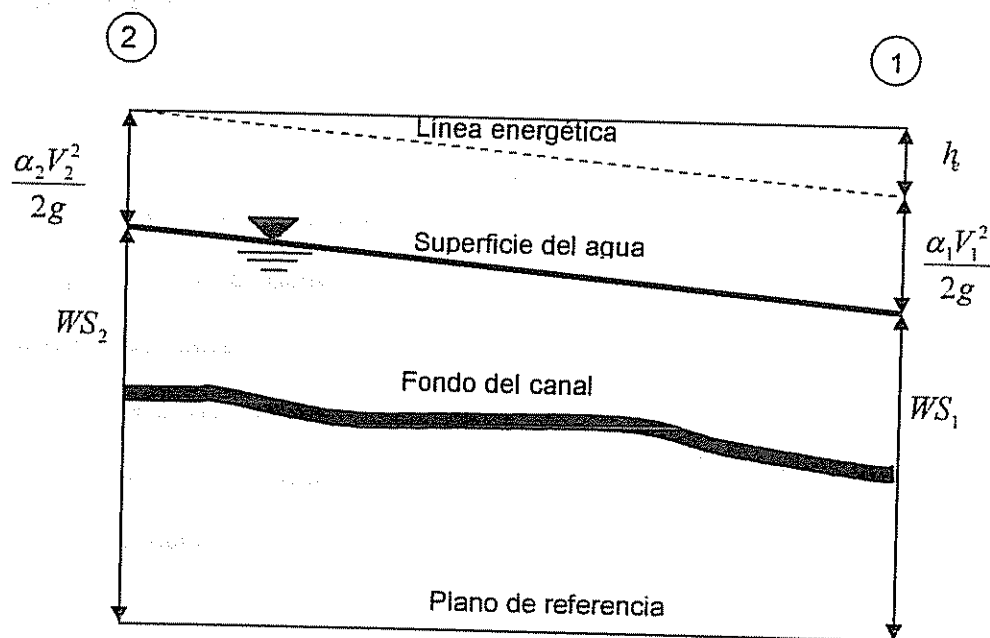


Figura 14. Términos de la ecuación de energía

Fuente: HEC-RAS, 2001

Para resolver la ecuación de energía, el programa iguala la energía en las secciones 1 y 2 en forma iterativa (Figura 14), con un error pequeño permisible. Una vez que la energía es igual en las dos secciones analizadas, se pasa a la siguiente sección, y así sucesivamente hasta cubrir todo el tramo del río.

La pérdida de energía h_e entre dos secciones transversales está comprendida por las pérdidas de fricción y pérdidas de contracción o expansión.

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left/ \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right/ \quad (3.11.13.2)$$

Donde:

L = longitud del tramo pesado por caudal

\bar{S}_f = pendiente de la línea energética

C = coeficiente de pérdida de expansión y contracción

La distancia del tramo pesada por caudal, se calcula con la ecuación:

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (3.11.13.3)$$

Donde:

L_{lob} = longitud del banco izquierdo

L_{rob} = longitud del banco derecho

L_{ch} = longitud del canal principal

\bar{Q}_{lob} = caudal del banco izquierdo

\bar{Q}_{rob} = caudal del banco derecho

\bar{Q}_{ch} = caudal del canal principal

La conductividad K mide la capacidad de transporte de agua del río, y se calcula con la ecuación:

$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3}$$

(3.11.13.4)

Donde:

K = conductividad

n = coeficiente de Manning

A = área de flujo

P = perímetro húmedo

R = radio hidráulico (A/P)

La conductividad del río se obtiene sumando la conductividad de las planicies de inundación y del canal principal.

La pendiente de la línea energética \bar{S}_f se obtiene con la ecuación:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

(3.11.13.5)

Donde:

Q_1 = caudal 1

Q_2 = caudal 2

K_1 = conductividad 1

K_2 = conductividad 2

3.11.14 Limitaciones del programa HEC-RAS:

- Flujo permanente.
- Flujo gradualmente variado, o sea, que la profundidad del río cambia gradualmente a lo largo del río, excepto para estructuras hidráulicas tales como: puentes, alcantarillas y vertederos. En estos sitios, el flujo es rápidamente variado, o sea, que cambia rápidamente de profundidad en distancias relativamente cortas.
- Flujo unidimensional, o sea, que el flujo se produce en una sola dirección, a lo largo del canal del río.
- El río debe tener pendiente menor de 10%.

3.11.15 Pasos de modelación hidráulica

El procedimiento de modelación incluye los siguientes pasos:

- Obtención de secciones transversales del río en el sector crítico a partir de modelos de elevación digital disponibles en escala 1:5000.
 - Obtención de longitud entre secciones transversales consecutivas, a partir de los modelos de elevación digital.
 - Estimación de coeficiente de rugosidad de Manning en el cauce principal y las planicies de inundación con base en visitas de campo, fotografías y literatura de ríos.
 - Corrida del modelo HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center-River Analysis System para el caudal correspondiente a los períodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años. La salida del modelo define el espejo del agua, indicando las coordenadas del nivel del agua en la sección transversal del río.
- o Mapeo de las planicies de inundación: utilizando SIG se sobrepone el espejo del agua sobre el modelo de elevación digital, quedando dibujadas las planicies de inundación para períodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años. Para lograr este mapeo se procede de la siguiente manera:
- Se ubican los puntos de intersección del espejo de agua con la sección transversal, que definen la planicie de inundación, tanto en la margen izquierda como en la derecha, para el caudal correspondiente a un período de retorno.
 - Se repite el procedimiento anterior para todas las secciones transversales.
 - Se traza una curva que conecte todos los puntos de la planicie de inundación de la margen izquierda. Se repite el proceso para la margen derecha. Queda así definida la planicie de inundación para el primer caudal y su período de retorno.
 - Se repiten todos los pasos anteriores para los caudales correspondientes a períodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años, quedando definidas nueve planicies de inundación.
- o Verificación a nivel de campo de los resultados del mapeo. Una vez obtenidos los mapas se realizaron visitas de campo detalladas, a los municipios, en

compañía de los dirigentes de enlace locales. En estas visitas se detectarán situaciones anormales, sujetas a corregir en lo posible.

3.12 Hec-GeoRas

Se utilizó un Modelo de elevación digital del terreno (MED) con una resolución de 10 m.

Los bancos izquierdo y derecho del río se determinaron a 10 m por lado, del centro del canal principal y la trayectoria del flujo a 25 m por lado, del centro del canal principal.

Las secciones transversales se trazaron sobre el modelo aproximadamente cada 200 m, del cual se obtuvo un perfil transversal de cada sección, generándose los parámetros necesarios para correr el modelo en HEC-RAS.

El Hec-GeoRas (versión 3.0) Es una extensión de ArcView GIS y fue desarrollado a través de una investigación cooperativa entre el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) y el Instituto de Investigaciones de Sistemas Medioambientales (ESRI) y consiste de las siguientes etapas:

- Preprocesamiento con GeoRas
 - Preparación de los temas en ArcView GIS
 - Generación de atributos adicionales y datos espaciales de 3 dimensiones
 - Generación de archivos a importar en HEC-RAS
- Desarrollando simulaciones con flujo permanente en HEC-RAS
 - Datos de geometría
 - Datos de flujo
 - Exportar datos de HEC-RAS dentro de GIS
- Post procesamiento de GeoRas
 - Arreglo del tema
 - Leer archivos exportados de GIS
 - Generación de agua superficial mediante modelo TIN
 - Delineación de planicies de inundación
 - Editando el perfil de cada planicie de inundación
- Desarrollando planicies de inundación en 3 dimensiones.

3.13 Visitas preliminares

Para realizar visitas preliminares se siguió el siguiente procedimiento (Solís, 2002).

- Durante el primer taller se tomaron los nombres de representantes de Municipio ante el PMDN, al representante de la UMA y otros representantes claves de la comunidad.
- En el primer taller se levantó una lista de los sitios que presentan serios problemas de inundaciones. Tomando en cuenta tres fuentes posibles:
 - Lista de sitios identificados en el informe de AMHON.
 - Lista de sitios identificados en el primer taller realizado
 - Sitios identificados por los técnicos del CATIE, no identificados en las tres instancias anteriores.
- Se organizó la gira de campo con los representantes del municipio haciendo uso óptimo del conocimiento local de los representantes. La gira se planeó considerando el interés mostrado por la comunidad, el tiempo disponible y la dificultad de acceso. Se priorizó las primeras visitas al casco urbano, dada su importancia preestablecida y luego se priorizó de acuerdo a la importancia de los sitios afectados. Esta importancia se considero según:
 - Pérdida de vidas humanas
 - Destrucción de viviendas
 - Pérdida de estructuras importantes como puentes, alcantarillas, edificios.
 - Incomunicación
 - Daños o destrucción de líneas vitales
 - Daños o destrucción de cultivos agrícolas o de los terrenos agrícolas. A veces se pierde el cultivo por inundación de varios días, pero el terreno puede incluso salir fertilizado. Otras veces el terreno es cubierto por gruesos estratos de piedras y gravas que lo dejan inservible para la agricultura.
- Descripción de cada sitio visitado (toma de datos de informantes claves que puedan colaborar en futuras visitas detalladas):
 - Se ubicó por coordenadas con el georeferenciador GPS.
 - Las fotografías se tomaron indicando, cuando aplique, la ubicación del fotógrafo en la margen derecha o izquierda del río, (ubicándose hacia aguas abajo), e indicando si la foto se toma en dirección aguas abajo o aguas arriba.
 - Se realizó una breve descripción de los daños producidos en el sitio, normalmente el parámetro es el huracán Mitch.
 - Se preguntó con qué frecuencia se producen esos daños:
 - Varias veces al año
 - Cada año

- Cuando ocurren huracanes
- Provocado por Mitch.
- Se trató de encontrar la causa de los daños:
 - Socavación de márgenes
 - Desbordamiento
 - Falla de una estructura hidráulica, ej. un puente.
- Se sugirió alguna solución:
 - Reubicación de casas, estructuras, cultivos.
 - Establecer un retiro obligatorio del río.
 - Reestablecer el cauce original
 - Refuerzo de la estabilidad del cauce con enrocamiento (rip rap), espigones, gaviones, etc., especialmente en curvas cóncavas del río.
 - Reconstrucción de puentes y vados.

3.14 Talleres

Se participó en los tres talleres celebrados en la ciudad de Valle de Ángeles, patrocinados por el Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales, mediante metodologías y dinámicas participativas con la participación activa de los actores principales del municipio, autoridades municipales, representantes de cada comunidad, patronatos, representación de instituciones públicas y privadas, ONG's (Organismos No Gubernamentales), y juntas de agua. A continuación se detallan los temas tratados durante los talleres: Lanzamiento del proyecto, conceptos básicos en el manejo de desastres naturales, concientización, comunicación, experiencias vividas en el manejo de desastres, identificación de zonas de peligro a inundación, organización del Comité Local de Emergencias, inducción hacia la planificación estratégica, ejercicio de elaboración del FODA, (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) la formulación de la visión y la misión del comité local, información sobre los resultados preliminares del trabajo realizado en el municipio.

Primer taller:

Participación en reunión de lanzamiento del PMDN y constitución del Comité Local para la prevención y la mitigación de desastres naturales.

A este taller asistieron 43 personas con representación de la municipalidad, patronatos y vecinos de la comunidad, representantes de ONG's, juntas de agua, educación, grupo ecológico y de salud.

Aspectos importantes en cuanto al manejo de emergencias

Valle de Ángeles fue castigado por el Mitch, su carretera de acceso fue totalmente destruida en varios tramos, una vez presentado el desastre la alcaldía formó grupos de trabajo y la población reaccionó positivamente surgiendo el espíritu de cooperación. Las principales dificultades fueron no contar con los recursos necesarios y no tener una organización en manejo de desastres y en conservación del ambiente.

Desarrollo del taller

Se explicó el proceso participativo de riesgos y la importancia de los actores que deben intervenir en este proceso y como la interrelación de los actores a través de la voluntad, y el compromiso pueden establecer niveles de comunicación que permiten obtener una dinámica de respeto, intercambio, análisis y la producción de ideas, conocimiento, trabajo en conjunto y por lo tanto a la toma de decisiones compartidas.

Después de explicar el campo comunicacional, de desarrollaron los conceptos utilizados en la gestión de Riesgos: Vulnerabilidad, Prevención Mitigación, Riesgo.

Analizar las experiencias sobre desastres que se han vivido en el municipio

Posterior a la caracterización del municipio se procedió a realizar trabajo en grupos, para ello se integraron varios grupos de cinco personas. Los grupos identificaron en ortofoto y hojas cartográficas con escala 1:50000, las diferentes zonas de peligro. Este material sirvió como referencia de las percepciones iniciales de la comunidad frente al tema de los sitios vulnerables; esta información fue retomada por los especialistas en Hidrología y Geología para realizar recorridos iniciales acompañados de personas que estuvieron en el taller.

Después de haberse realizado la presentación de cada grupo se inició el trabajo de formación de la organización local. Para lo cual se usó el siguiente material explicativo:

Organización local:

Funciones

1. Orientar e involucrar a todos los actores del municipio mediante un Plan de Acción.
2. Servir de contacto primario y permanente al equipo técnico
3. Orientar a los especialistas en la ubicación de las áreas con problemas.
4. Apoyar en la validación de los productos que se van generando

5. Trabajar sincronizada y permanentemente en la elaboración del Plan de acción de mitigación y prevención, y en el de capacitación
6. Informar a los coejecutores, sobre la utilidad, aplicación de uso de los productos.

Aspectos básicos:

- En estrecha vinculación con la Municipalidad
- Representación territorial
- Representación de todas las fuerzas que intervienen y residen en el municipio
- Que tenga funcionamiento permanente.

El Comité de Emergencia Municipal se formó considerando la representación territorial de los diferentes barrios de la cabecera municipal y aldeas y caseríos, aglutinando los caseríos a las aldeas más cercanas.

Segundo taller:

Valorización de la participación

La asistencia de este taller se redujo a ocho personas, cuatro del área rural y cuatro del área urbana. A nivel institucional cinco asistentes representan el sector público y tres de las organizaciones comunales rurales, manifestándose la ausencia de las ONG's.

Desde el punto de vista de la relación de género existe un marcado desequilibrio en la asistencia, dos mujeres y seis hombres.

Inducción a la planificación estratégica

Utilizando una metodología expositiva dialógica y apoyadas en el uso de material didáctico de proyección visual, se procedió a la presentación del tema "elementos de la planificación estratégica", el cual inició con la definición del concepto general de planificación y su relación con su entorno social, económico y ambiental.

Seguidamente se explicaron los niveles en que se divide la planificación y su relación entre sí:

- a) Planificación estratégica
- b) Planificación operativa
- c) Programación

d) Diseño de proyectos

También se indicó que lo que diferencia un nivel de planificación de otro es la distancia en el futuro que intenta mirar cada uno, siendo por lo tanto la planificación estratégica la más futurista ya que trabaja con la visión y elabora estrategias. Luego se explicó cada uno de los elementos que la conforman.

Posteriormente y en trabajo de grupo se llevó a cabo el ejercicio de elaboración del FODA y la formulación de la visión y la misión del comité local.

La estrategia debe ser:

- Ubicar las Amenazas para determinar riesgo
- Hacer análisis de vulnerabilidad para trabajar el riesgo controlando la vulnerabilidad mediante:
 - Prevención
 - Mitigación
- El proceso de manejo de riesgo no elimina la posibilidad de ocurrencia de desastres y por tanto es importante seguir preparado para atender emergencias. Pero esto debe ser una actividad accesoria y no la única que se tiene cuando se está preparado para manejar desastres.

Tercer taller:

Este se denominó "taller técnico municipal de información y consulta" y consistió:

- a. Reflexión sobre los conceptos de Riesgo, Amenaza, Vulnerabilidad, Mitigación, Prevención en el marco de los trabajos realizados en el municipio
- b. Presentación y análisis de resultados iniciales del análisis de amenazas por inundación y deslizamiento
- c. Mostrar y revisar la zonificación general del casco urbano
- d. Conocer los elementos básicos de un plan de prevención y mitigación

Se expuso la importancia de los mapas de amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad, así como la gestión como un documento técnico pero también normativo cuando adquiere carácter oficial. Su fin es preventivo, pues señala dónde están los fenómenos peligrosos o dónde se sitúan las áreas amenazadas o expuestas.

3.15 Sitios críticos

Cada sitio visitado se describió mediante ficha, con la participación de informantes de la comunidad elegidos en el primer taller, se identificaron 11 sitios vulnerables a inundación y se ubicaron en la correspondiente hoja cartográfica. En anexo 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36 y 37 se presenta ficha de cada sitio crítico que contiene una codificación específica y tiene la siguiente descripción: Fotografía del punto crítico, río o quebrada, coordenadas longitud y latitud, grado de amenaza y consecuencias haciendo una breve descripción de los daños producidos en el sitio y recomendaciones.

3.16 Evaluación de la Vulnerabilidad global

La vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad se evaluó mediante la metodología de vulnerabilidad global que se produce en una cuenca, analizando los siguientes tipos de vulnerabilidades: educativa, institucional, social, política, económica, ideológica, física, técnica y ecológica.

3.16.1 Procedimiento metodológico

La evaluación de la vulnerabilidad para la Microcuenca La Soledad, se basó según metodología generada por Cáceres (2001), en su trabajo de investigación sobre evaluación de vulnerabilidad en cuencas.

3.16.1.1 Reconocimientos de campo del área y recopilación de la información

Se realizaron visitas de campo con el propósito de reconocer el área de estudio y los puntos críticos para tener una visión general de los factores que inciden en la escorrentía: cobertura del suelo y de las características geomorfológicas y en general el estado de la Microcuenca La Soledad.

Para la selección de indicadores y realización de entrevistas se consultó a varios expertos, entre ellos: un experto en extensión comunitaria para las variables del componente social, un especialista en manejo de cuencas, un geólogo, un forestal y una ingeniera civil para las variables del componente biofísico, un economista para las variables del componente económico y cuatro maestros de educación media y primaria para las variables de educación y componente social. También se contó con la opinión del comité asesor para la selección de

variables y definición de valores numéricos de la escala de vulnerabilidad, quienes dieron un aporte fundamental en la aplicación de los indicadores específicos a inundaciones en la Microcuenca La Soledad.

3.16.1.2 *Selección de variables del factor socioeconómico y biofísico para estimar la vulnerabilidad*

En esta sección se pretende explicar como cada variable socioeconómica (educativa, institucional, social, política, económica, ideológica) y biofísica (física, técnica y ecológica) se relaciona con las inundaciones en la Microcuenca La Soledad y la evaluación de las mismas tomando en cuenta el tipo de vulnerabilidad por inundación.

Vulnerabilidad educativa

- Escolaridad

Se estimó el porcentaje de población del municipio de Valle de Ángeles que sabe leer y escribir, porque si este es bajo en la población, existe menos capacidad en organización y gestión para prevenir o afrontar una inundación.

- Programas de educación ambiental

La capacitación y educación ambiental es una herramienta para crear una actitud a favor de la conservación y protección de los recursos naturales, específicamente la capacitación en aspectos que inciden en las inundaciones. Esta variable se ponderó según el número de charlas de educación ambiental por año.

-Programas radiales de información ambiental

Los medios de comunicación masiva son muy importantes para informar y formar conciencia ambiental en la prevención y gestión de un evento de inundación. Esta variable se ponderó según el número de programas radiales ambientales.

-Asistencia técnica a productores

La capacitación a los productores agropecuarios con tecnologías de manejo de suelos y cobertura reducen la escorrentía e incrementen la infiltración de agua evitando altas tasas de escorrentía superficial en períodos de tiempo relativamente cortos que sobrepasan la capacidad hidráulica de la red hídrica del Río La Soledad. Esta variable se evaluó de acuerdo al porcentaje de productores capacitados por año.

-Vulnerabilidad institucional

-Planes de prevención de inundaciones

Los planes de prevención permiten que la población esté preparada para hacerle frente a las inundaciones y reducir el impacto de las mismas, considerando las capacidades de la población de Valle de Ángeles en la identificación de aspectos críticos que hacen más vulnerable a esta comunidad y estrategias de prevención y mitigación de las inundaciones. Esta variable se evaluó de acuerdo al porcentaje de planes elaborados por las instituciones presentes en la Microcuenca La Soledad.

-Instituciones presentes en la zona

La presencia institucional es un indicador de la capacidad para apoyar a los habitantes en la prevención y gestión de las inundaciones, cada institución tiene sus objetivos de trabajo en la zona y su contribución holística es determinante. Esta variable se evaluó con base al número de instituciones y organizaciones presentes en la zona que de una u otra manera contribuyan en la gestión de las inundaciones.

-Coordinación interinstitucional

La coordinación institucional para la ejecución de planes de prevención y gestión de las inundaciones, ente mayor coordinación, apoyo y acciones conjuntas se ejecuten, se favorecen el desarrollo institucional en la Microcuenca La Soledad, una mala coordinación interinstitucional provoca duplicidad de funciones; además de altos costos para las instituciones sin lograr el objetivo de reducir el impacto de las inundaciones. Esta variable se evaluó según el número de actividades por año realizadas de manera coordinada por las instituciones presentes.

-Capacitación al personal técnico

La capacitación al personal técnico de las instituciones es muy importante en la preparación de los habitantes de la Microcuenca, porque si los técnicos están capacitados se podría lograr un efecto multiplicador de los conocimientos hacia el resto de habitantes de la microcuenca. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de técnicos capacitados por año sobre la prevención y mitigación de las inundaciones.

-Vulnerabilidad social

-Liderazgo en la comunidad

El reconocimiento del liderazgo en la comunidad en riesgo a inundaciones es importante para la planificación y realización de actividades de prevención y mitigación ante las inundaciones. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de la población que identifica a líderes comunales.

-Organización social comunitaria

Si existen muchas organizaciones locales funcionales legalmente constituidas en función de la prevención y mitigación de las inundaciones, existe la posibilidad de reducir la vulnerabilidad ante este tipo de eventos. Esta variable se evaluó con base al número de organizaciones funcionales.

-Vulnerabilidad política

Apoyo del estado en proyectos comunales

El apoyo del estado es fundamental en el desarrollo de proyectos comunales, especialmente en servicios básicos (educación, agua, comunicación) y de infraestructura que tengan por objetivo la prevención y mitigación de inundaciones. Esta variable se evaluó con base al número de proyectos comunales por año apoyados por el estado.

-Aplicación de leyes para la construcción de viviendas

La aplicación de leyes para evitar la construcción de viviendas, muros u otro obstáculo en las planicies de inundación es fundamental en la prevención de desastres por inundaciones. Esta variable se evaluó con base a la valoración del grado de aplicación de leyes.

-Vulnerabilidad económica

-Principales fuentes de empleo

En la medida existan diversas fuentes de empleo no agropecuario, los habitantes contribuirían reduciendo el impacto sobre los factores suelo y cobertura vegetal de la microcuenca que inciden en la escorrentía y por ende en las inundaciones; además, a los habitantes les permite gozar de un buen salario, lo cual reduciría la tasa de desempleo en la zona y elevaría el nivel de vida. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de población dedicada a actividades no agropecuarias.

-Poder adquisitivo de tierras

El poder adquisitivo de tierras está determinado por los ingresos, la población más pobre esta ubicada en las planicies de inundación y en suelos de cultivo más frágiles a erosión que contribuyen con el asolvamiento de los ríos y por ende reducen la capacidad hidráulica de los mismos. Esta variable se evaluó con base a la capacidad de compra de tierras de cultivos y predios para construcción de viviendas, de acuerdo a ingresos mensuales por población económicamente activa.

-Vulnerabilidad ideológica

-Reacción de la comunidad ante una inundación

La reacción de la comunidad ante una inundación esta determinada por el deseo de sobrevivir, nivel de concientización alcanzado por los habitantes de acuerdo a las experiencias de inundaciones vividas en la zona y en otras regiones del país. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de la población que es pasiva ante una inundación.

-Reacción de la comunidad ante la amenaza a las inundaciones

La reacción de la comunidad ante una amenaza de inundación está determinada por disponibilidad de los habitantes a organizarse y hacerle frente a una inundación con altas probabilidades de ocurrir. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de población dispuesta a colaborar.

-Vulnerabilidad física

-Conducción de agua potable y su funcionalidad

La sobrevivencia y el desarrollo normal de los habitantes de una comunidad está en función del abastecimiento de agua mediante medios seguros, entre menos segura sea la conducción del agua mayor vulnerabilidad presentará esta variable. Esta variable se evaluó con base a la funcionalidad de tubería de conducción de agua potable ante una inundación.

-Asentamientos humanos en riberas de ríos

Los asentamientos humanos en las planicies de inundación de amenaza alta determinan un alto riesgo de sufrir pérdidas de vidas humanas y materiales, los asentamientos humanos aumentan el área de las planicies de inundación por que disminuyen la capacidad hidráulica de los ríos y por ende se constituyen en obstáculo para el drenaje natural de ríos y quebradas. Además, los asentamientos están íntimamente relacionados con la pobreza. Esta variable se evaluó con base al número de casas en riberas de ríos.

-Resistencia de estructuras físicas

Las viviendas construidas con materiales menos resistentes a inundaciones son más vulnerables a sufrir daños, aun ubicadas en áreas más alejadas a aquellas viviendas construidas con materiales más resistentes a inundaciones. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de viviendas construidas con materiales resistentes.

-Vulnerabilidad técnica

-Estado de puentes

Al ocurrir un evento extremo de inundación la comunicación terrestre es una de las primeras interrupciones que se presentan, en muchos casos por el mal estado de los puentes construidos. Esta variable se evaluó con base al estado y funcionalidad de los puentes.

-Diseño de obras hidráulicas con capacidad para soportar eventos extremos

La mayoría de las obras hidráulicas: puentes, caja-puentes y alcantarillas no están diseñadas o subdimensionadas hidráulicamente para funcionar ante eventos extremos de inundación, es más, se convierten en obstáculos artificiales para el drenaje natural del agua. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de obras hidráulicas con capacidad para soportar eventos extremos.

-Mantenimiento de obras hidráulicas

El mantenimiento de las obras hidráulicas es de vital importancia para mantener y mejorar la capacidad hidráulica de las obras construidas, si no se práctica con cierta frecuencia y anticipadamente a la temporada lluviosa, de ahí que se desborden fácilmente con una lluvia de alta intensidad y corta duración. Esta variable se evaluó con base a la frecuencia de mantenimiento de obras hidráulicas.

-Vulnerabilidad ecológica

-Agricultura migratoria

La agricultura migratoria sin prácticas de conservación expone el suelo superficial de relieve escarpado a un grave proceso de erosión que se acelera con la presencia de lluvias de alta intensidad, transportando y depositando el suelo a los lechos de los ríos, reduciendo la capacidad hidráulica de los mismos, e incrementando el área de inundación. Esta variable se evaluó con base al porcentaje del área con agricultura sin conservación de suelos.

-Deforestación

La deforestación deja al suelo sin cobertura vegetal, en algunos casos con un simple pasto, al no existir vegetación, el agua escurre a velocidades altas, disminuyendo su tiempo de recorrido aumentando el caudal y produciendo posteriormente las inundaciones. En áreas deforestadas los tiempos de concentración son bajos, ocasionando inundaciones en los valles. Esta variable se evaluó con base al porcentaje de área deforestada.

-Erosión hídrica

La erosión hídrica es muy fuerte en suelos con cultivos agrícolas de vocación forestal, con altas pendientes y con presencia de lluvias intensas, los suelos se lavan aceleradamente y afectando directamente el cauce de los ríos, en la medida se instauren tecnologías adecuadas la erosión hídrica se reduciría. Esta variable se evaluó según el tipo de erosión.

3.16.1.3 *Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad*

Los diferentes indicadores utilizados en esta metodología son el producto de la metodología de Cáceres (2001), además de la propia experiencia profesional adquirida durante los años de laborar en el sector ambiental, con la participación de expertos e informantes claves los cuales aportaron sus opiniones al respecto.

Se desarrolló una matriz con el fin de obtener la información necesaria para saber el grado de vulnerabilidad a inundaciones en Microcuenca La Soledad. Para ello se utilizó una escala de cinco índices posibles de caracterización para cada indicador utilizado. Esta escala tiene la correspondencia siguiente:

Cuadro 4. Caracterización e índices de vulnerabilidad

Caracterización	Índice de caracterización
Muy alta	4
Alta	3
Media	2
Baja	1
Muy baja o nula	0

Se parte de la premisa que entre mayor es el índice del indicador correspondiente, mayor es el grado de vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad. A continuación se presentan en

cuadros sucesivos, los indicadores e índices correspondientes para cada variable considerada por cada tipo de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad educativa

Cuadro 5. Ponderación de la variable: Escolaridad

Porcentaje de escolaridad (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
≥ 21	Muy alta	4	
16 - 20	Alta	3	
11 - 15	Media	2	0,4
6 - 10	Baja	1	
0 - 5	Muy baja	0	

Cuadro 6. Ponderación de la variable: Programas de educación ambiental

No. de charlas al año	Valoración de vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0 - 1	Muy alta	4	
2 - 3	Alta	3	
4 - 5	Media	2	0,15
5 - 6	Baja	1	
> 6	Muy baja	0	

Cuadro 7. Ponderación de la variable: Programas radiales de información ambiental

No. de programas de información radial por día	Valoración de vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0 - 1	Muy alta	4	
2 - 3	Alta	3	0,15
4 - 5	Media	2	
5 - 6	Baja	1	
> 6	Muy baja	0	

Cuadro 8. Ponderación de la variable: Asistencia técnica a productores

Porcentaje de productores capacitados por año (%)	Valoración de vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
1 - 15	Muy alta	4	
16 - 30	Alta	3	0,30
31 - 45	Media	2	
46 - 60	Baja	1	
61 - 75	Muy baja	0	

Vulnerabilidad institucional

Cuadro 9. Ponderación de la variable: Planes de prevención de inundaciones

Número de planes elaborados	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0 - 1	Muy alta	4	0,35
2 - 3	Alta	3	
4 - 5	Media	2	
6 - 7	Baja	1	
8 - 9	Muy baja	0	

Cuadro 10. Ponderación de la variable: Instituciones presentes en la zona

No. de instituciones presentes en la zona	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0	Muy Alta	4	
1	Alta	3	
2	Media	2	
3	Baja	1	
≥4	Muy baja	0	0,20

Cuadro 11. Ponderación de la variable: Coordinación interinstitucional

Número de actividades coordinadas por año	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
1	Muy Alta	4	0,30
2	Alta	3	
3	Media	2	
4	Baja	1	
5	Muy baja	0	

Cuadro 12. Ponderación de la variable: Capacitación del personal técnico

Porcentaje de técnicos capacitados por año (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0 - 15	Muy Alta	4	0,15
16 - 30	Alta	3	
31 - 45	Media	2	
46 - 60	Baja	1	
> 60	Muy baja	0	

Vulnerabilidad social

Cuadro 13. Ponderación de la variable: Liderazgo en la comunidad para la toma de decisiones

Porcentaje de la población que identifica a líderes comunales (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0-20	Muy alta	4	
21-40	Alta	3	
41-60	Media	2	0,40
61-80	Baja	1	
81-100	Muy baja	0	

Cuadro 14. Ponderación de la variable: Organización social comunitaria

Número de organizaciones funcionales	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0 - 1	Muy alta	4	
2 - 3	Alta	3	0,60
4 - 5	Media	2	
6 - 7	Baja	1	
8 - 9	Muy baja	0	

Vulnerabilidad política

Cuadro 15. Ponderación de la variable: Apoyo del Estado en proyectos comunales

Número de proyectos comunales por año apoyados por el estado	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0	Muy alta	4	
1	Alta	3	
2	Media	2	
3	Baja	1	0,50
≥ 4	Muy baja	0	

Cuadro 16. Ponderación de la variable: Aplicación de leyes para la construcción

Valoración de aplicación de leyes (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
Muy poco	Muy alta	4	0,50
Poco	Alta	3	
Regular	Media	2	
Bastante	Baja	1	
Mucho	Muy baja	0	

Vulnerabilidad económica

Cuadro 17. Ponderación de la variable: Fuentes de empleo

Porcentaje de población dedicada a actividades no agropecuarias (%)	Valoración de la degradación	Calificación	Ponderación
0 -20	Muy alta	4	
20-40	Alta	3	
40-60	Media	2	
60-80	Baja	1	0,65
80-100	Muy baja	0	

Cuadro 18. Ponderación de la variable: Poder adquisitivo de tierras

Capacidad de compra de acuerdo a ingresos mensuales	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
Lps. 800-2. 500	Muy alta	4	0,35
Lps. 2.500-4.000	Alta	3	
Lps. 4.000-6.000	Media	2	
Lps. 6.000-8.000	Baja	1	
> Lps. 8.000	Muy baja	0	

Vulnerabilidad ideológica

Cuadro 19. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante una inundación

Porcentaje de la población que es pasiva ante una inundación (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
≥ 21	Muy alta	4	
16 - 20	Alta	3	
11 - 15	Media	2	
6 - 10	Baja	1	0,40
0 - 5	Muy baja	0	

Cuadro 20. Ponderación de la variable: Reacción de la comunidad ante la amenaza de una inundación

Porcentaje de la población no dispuesta a colaborar (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
≥ 40	Muy Alta	4	
31 - 40	Alta	3	
21 - 30	Media	2	0,60
11 - 20	Baja	1	
0 - 10	Muy baja	0	

Vulnerabilidad física

Cuadro 21. Ponderación de la variable: Conducción de agua potable y su funcionalidad

Funcionalidad de tubería ante inundación (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
≥ 21	Muy alta	4	0,30
16 - 20	Alta	3	
11 - 15	Media	2	
6 - 10	Baja	1	
0 - 5	Muy baja	0	

Cuadro 22. Ponderación de la variable: Asentamientos humanos en ribera de ríos

No. de casas en ribera de ríos	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
≥ 20	Muy alta	4	0,40
15 - 19	Alta	3	
10 - 14	Media	2	
5 - 9	Baja	1	
0 - 4	Muy baja	0	

Cuadro 23. Ponderación de la variable: Resistencia de estructuras físicas (viviendas)

Porcentaje de viviendas construidas con materiales resistentes (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
0 - 5	Muy Alta	4	
6 - 10	Alta	3	
11 - 15	Media	2	
16 - 20	Baja	1	
≥ 21	Muy baja	0	0,30

Vulnerabilidad técnica

Cuadro 24. Ponderación de la variable: Estado de puentes

Porcentaje de puentes en buen estado (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
51 - 60	Muy Alta	4	
61 - 70	Alta	3	
71 - 80	Media	2	0,40
81 - 90	Baja	1	
91 - 100	Muy baja	0	

Cuadro 25. Ponderación de la variable: Diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos

Porcentaje de obras hidráulicas con capacidad a eventos extremos (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
51 - 60	Muy Alta	4	
61 - 70	Alta	3	0,25
71 - 80	Media	2	
81 - 90	Baja	1	
91 - 100	Muy baja	0	

Ponderación de la variable: Mantenimiento de obras hidráulicas

Frecuencia de mantenimiento de obras hidráulicas	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
Nunca o casi nunca	Muy Alta	4	0,35
Poco frecuente	Alta	3	
Frecuente	Media	2	
Bastante frecuente	Baja	1	
Muy frecuente	Muy baja	0	

Vulnerabilidad ecológica

Cuadro 26. Ponderación de la variable: Agricultura migratoria

Porcentaje del área con agricultura sin conservación de suelos (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
40-100	Muy alta	4	
30-40	Alta	3	0,20
20-30	Media	2	
10-20	Baja	1	
0-10	Muy baja	0	

Cuadro 27. Ponderación de la variable: Deforestación

Porcentaje de área deforestada (%)	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
40-100	Muy alta	4	
30-40	Alta	3	
20-30	Media	2	
10-20	Baja	1	0,40
0-10	Muy baja	0	

Cuadro 28. Ponderación de la variable: Erosión hídrica

Tipo de erosión	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación	Ponderación
Muy fuerte	Muy alta	4	
Fuerte	Alta	3	0,40
Moderada	Media	2	
Baja	Baja	1	
Muy baja (sin evidencia)	Muy baja	0	

3.16.1.4 Evaluación de los datos para estimar vulnerabilidad de la microcuenca

Para obtener el grado de vulnerabilidad de la microcuenca se procedió calculando con base al tipo de vulnerabilidad como se detalla a continuación:

- a. Se suman los valores de los índices de calificación correspondientes a cada una de las variables o indicadores considerados, luego de su ponderación.
- b. El valor resultante se divide entre el número total de índices (variables o indicadores) para obtener un índice promedio.
- c. El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice y se multiplica por cien para obtener el nivel de vulnerabilidad en porcentaje de la cuenca para cada tipo de vulnerabilidad correspondiente.
- d. Luego este porcentaje se compara con la escala de vulnerabilidad, según la correspondencia siguiente:

Cuadro 29. Escala de vulnerabilidad

Porcentaje de vulnerabilidad	Vulnerabilidad de la microcuenca
0-20	Muy baja
21-40	Baja
41-60	Media
61-80	Alta
81-100	Muy alta

e. Si se desea calcular la vulnerabilidad de la cuenca, se siguen los pasos antes mencionados y se toman en cuenta los valores promedios de cada vulnerabilidad por comunidad, los cuales se suman. Los valores más altos de cada variable de vulnerabilidad de la cuenca son los que tienen mayor incidencia en inundaciones.

f. Si se quiere, se puede hacer el cálculo integral, sin separar en tipos de vulnerabilidad, y obtener entonces la vulnerabilidad global en porcentaje de la cuenca. Para ello, se suman los índices promedio de cada tipo de vulnerabilidad y se promedian, este resultado se divide entre el valor máximo posible y se multiplica por cien.

Es importante señalar que para el cálculo integral los indicadores utilizados en esta metodología resultan con un valor promedio de vulnerabilidad, el cual es multiplicado por un peso estimado mediante consulta a expertos. El resultado será la vulnerabilidad media ponderada de la cuenca, pudiéndose concluir cuáles son los indicadores que tienen mayor incidencia para la ocurrencia de inundaciones.

Para evaluar la vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad, se elaboró una entrevista (Anexo 47) con preguntas específicas al informante clave o representante de institución que trabajara en actividades relacionadas al tipo de vulnerabilidad, tales como, maestros de las diferentes instituciones, catastro municipal, líderes comunales, representantes de ONG's y técnicos.

A continuación se detallan las variables analizadas por cada tipo de vulnerabilidad

- Vulnerabilidad educativa = cuatro variables
- Vulnerabilidad institucional = cuatro variables

- Vulnerabilidad social = dos variables
- Vulnerabilidad política = dos variables
- Vulnerabilidad económica = dos variables
- Vulnerabilidad ideológica = dos variables
- Vulnerabilidad física = tres variables
- Vulnerabilidad técnica = tres variables
- Vulnerabilidad ecológica = tres variables

La vulnerabilidad se calificó con base a cuadros de Anexos 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan con base a los objetivos propuestos para evaluar la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en Microcuenca La Soledad. En cada sección los resultados obtenidos son presentados con su respectivo análisis, para lo cual se presenta la siguiente secuencia: en la primera sección se presentan los caudales picos para cada subcuenca en función de su período de retorno, en la segunda sección se determinan las planicies de inundación y los sitios críticos, en la tercera la evaluación de la vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad a inundaciones y por último las estrategias.

4.1 Caudales picos de cada subcuenca

En la primera sección se presentan los caudales picos obtenidos mediante modelación hidrológica (Cuadro 30 y 31) y los resultados de la modelación hidrológica; así como la representación gráfica de los caudales picos para cada subcuenca para un período de retorno de 100 años (Figura 15).

Cuadro 30. Resumen de caudales picos de cada subcuenca por período de retorno

Subcuenca	Caudal pico en m ³ /s								
	Período de retorno (años)								
	2	10	20	25	50	100	200	500	1000
Agua Amarilla	11,167	22,043	27,411	29,127	35,328	42,136	49,752	61,312	71,768
San Francisco	12,164	23,763	29,474	31,298	37,889	45,123	53,937	67,367	79,019
Los Jutes	1,6134	3,1289	3,8737	4,1115	4,9816	6,0219	7,1884	8,9610	10,499
Agua Dulce	5,8085	11,978	15,060	16,047	19,622	23,555	27,957	35,013	41,382
Los Pinos	0,9599	1,9382	2,4240	2,5794	3,1495	3,8481	4,6343	5,8317	6,8715
El Carrizal	19,991	40,239	50,288	53,502	65,130	77,905	92,201	113,90	132,72
La Seca	0,43683	0,94462	1,2086	1,2937	1,6027	1,9441	2,3374	2,9765	3,5330
La Pradera	1,0675	2,1825	2,7381	2,9160	3,6332	4,4460	5,3611	6,7557	7,9670

Cuadro 31. Caudales estimados para período de retorno de 100 años

Subcuenca	Precipitación (mm)	Caudal pico m ³ /s	Área de drenaje Km ²	Caudal específico m ³ /s/km ²
Agua Amarilla	226	42,1360	6,030	6,99
San Francisco	226	45,1230	6,160	7,32
Los Jutes	226	6,0219	0,740	8,14
Unión A	226	92,3630	12,930	7,14
Agua Dulce	226	23,5550	3,290	7,16
Los Pinos	226	3,8481	0,480	8,02
Unión B	226	119,3200	16,700	7,14
El Carrizal	226	77,9050	11,740	6,64
La Seca	226	1,9441	0,240	8,10
Unión C	226	196,0300	28,680	6,84
La Pradera	226	4,4460	0,540	8,23
Unión D	226	199,2600	29,220	6,82

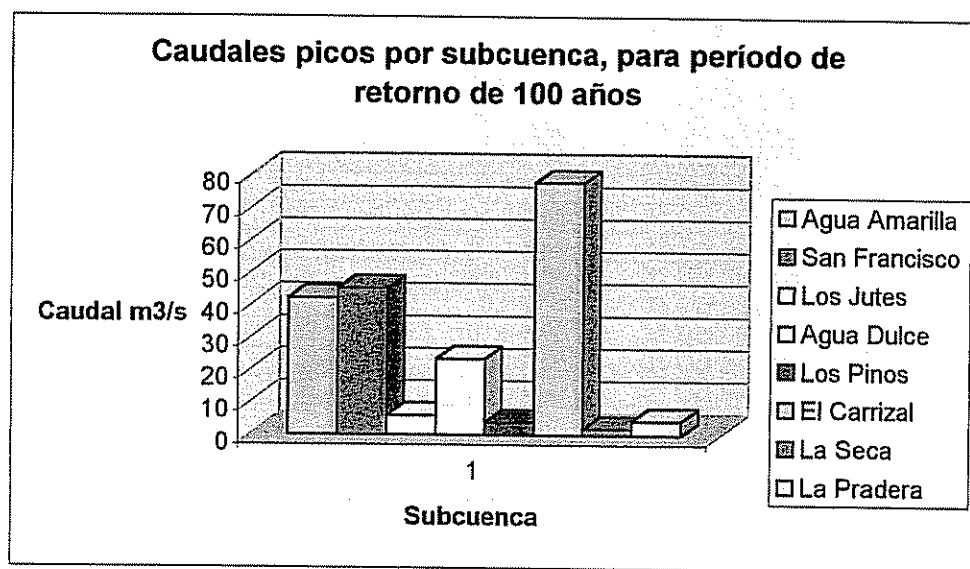


Figura 15. Caudales picos por subcuenca para período de retorno de 100 años

Cuadro 32. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 2 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	81	11,16700	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	81	12,16400	31 Oct 98 0110	6,160
Los Jutes	81	1,61340	31 Oct 98 0105	0,740
Unión A	81	24,66660	31 Oct 98 0110	12,930
Agua Dulce	81	5,80850	31 Oct 98 0110	3,290
Los Pinos	81	0,95990	31 Oct 98 0105	0,480
Unión B	81	31,34800	31 Oct 98 0110	16,700
El Carrizal	81	19,99100	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	81	0,43683	31 Oct 98 0100	0,240
Unión C	81	51,06100	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	81	1,06750	31 Oct 98 0100	0,540
Unión D	81	51,88600	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 33. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 10 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	132	22,04300	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	132	23,76300	31 Oct 98 0110	6,160
Los Jutes	132	3,12890	31 Oct 98 0105	0,740
Unión A	132	48,46100	31 Oct 98 0110	12,930
Agua Dulce	132	11,97800	31 Oct 98 0110	3,290
Los Pinos	132	1,93820	31 Oct 98 0105	0,480
Unión B	132	62,19600	31 Oct 98 0110	16,700
El Carrizal	132	40,23900	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	132	0,94462	31 Oct 98 0040	0,240
Unión C	132	101,84000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	132	2,18250	31 Oct 98 0100	0,540
Unión D	132	103,50000	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 34. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 20 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	157	27,41100	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	157	29,47400	31 Oct 98 0110	6,160
Los Jutes	157	3,87370	31 Oct 98 0105	0,740
Unión A	157	60,19500	31 Oct 98 0110	12,930
Agua Dulce	157	15,06000	31 Oct 98 0110	3,290
Los Pinos	157	2,42400	31 Oct 98 0105	0,480
Unión B	157	77,45000	31 Oct 98 0110	16,700
El Carrizal	157	50,28800	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	157	1,20860	31 Oct 98 0040	0,240
Unión C	157	126,98000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	157	2,73810	31 Oct 98 0100	0,540
Unión D	157	129,06000	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 35. Resumen de resultados de modelación hidrológica, periodo de retorno de 25 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	165	29,12700	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	165	31,29800	31 Oct 98 0110	6,160
Los Jutes	165	4,11150	31 Oct 98 0105	0,740
Unión A	165	63,94400	31 Oct 98 0110	12,930
Agua Dulce	165	16,04700	31 Oct 98 0110	3,290
Los Pinos	165	2,57940	31 Oct 98 0105	0,480
Unión B	165	82,32600	31 Oct 98 0110	16,700
El Carrizal	165	53,50200	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	165	1,29370	31 Oct 98 0040	0,240
Unión C	165	135,02000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	165	2,91600	31 Oct 98 0100	0,540
Unión D	165	137,24000	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 36. Resumen de resultados de modelación hidrológica, periodo de retorno de 50 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	194	35,32800	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	194	37,88900	31 Oct 98 0110	6,160
Los Jutes	194	4,98160	31 Oct 98 2255	0,740
Unión A	194	77,49200	31 Oct 98 0110	12,930
Agua Dulce	194	19,62200	31 Oct 98 0110	3,290
Los Pinos	194	3,14950	31 Oct 98 2250	0,480
Unión B	194	99,95600	31 Oct 98 0110	16,700
El Carrizal	194	65,13000	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	194	1,60270	31 Oct 98 0040	0,240
Unión C	194	164,10000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	194	3,63320	31 Oct 98 2250	0,540
Unión D	194	166,79000	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 37. Resumen de resultados de modelación hidrológica, periodo de retorno de 100 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	226	42,13600	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	226	45,12300	31 Oct 98 0110	6,160
Los Jutes	226	6,02190	31 Oct 98 2255	0,740
Unión A	226	92,36300	31 Oct 98 0110	12,930
Agua Dulce	226	23,55500	31 Oct 98 0110	3,290
Los Pinos	226	3,84810	31 Oct 98 2250	0,480
Unión B	226	119,32000	31 Oct 98 0110	16,700
El Carrizal	226	77,90500	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	226	1,94410	31 Oct 98 0040	0,240
Unión C	226	196,03000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	226	4,44600	31 Oct 98 2250	0,540
Unión D	226	199,26000	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 38. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 200 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	262	49,75200	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	262	53,93700	31 Oct 98 2300	6,160
Los Jutes	262	7,18840	31 Oct 98 2255	0,740
Unión A	262	109,00000	31 Oct 98 0110	12,930
Agua Dulce	262	27,95700	31 Oct 98 0110	3,290
Los Pinos	262	4,63430	31 Oct 98 2250	0,480
Unión B	262	140,98000	31 Oct 98 0110	16,700
El Carrizal	262	92,20100	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	262	2,33740	31 Oct 98 2250	0,240
Unión C	262	231,76000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	262	5,36110	31 Oct 98 2250	0,540
Unión D	262	235,58000	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 39. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 500 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	317	61,31200	31 Oct 98 0115	6,030
San Francisco	317	67,36700	31 Oct 98 2300	6,160
Los Jutes	317	8,96100	31 Oct 98 2255	0,740
Unión A	317	135,88000	31 Oct 98 2300	12,930
Agua Dulce	317	35,01300	31 Oct 98 2255	3,290
Los Pinos	317	5,83170	31 Oct 98 2250	0,480
Unión B	317	175,20000	31 Oct 98 2300	16,700
El Carrizal	317	113,90000	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	317	2,97650	31 Oct 98 2250	0,240
Unión C	317	286,00000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	317	6,75570	31 Oct 98 2250	0,540
Unión D	317	290,72000	31 Oct 98 0115	29,220

Cuadro 40. Resumen de resultados de modelación hidrológica, período de retorno de 1000 años

Elemento hidrológico	Precipitación (mm)	Caudal pico (m ³ /s)	Tiempo de pico	Área de drenaje (km ²)
Agua Amarilla	365	71,76800	31 Oct 98 2300	6,030
San Francisco	365	79,01900	31 Oct 98 2300	6,160
Los Jutes	365	10,49900	31 Oct 98 2250	0,740
Unión A	365	159,51000	31 Oct 98 2300	12,930
Agua Dulce	365	41,38200	31 Oct 98 2255	3,290
Los Pinos	365	6,87150	31 Oct 98 2250	0,480
Unión B	365	205,92000	31 Oct 98 2300	16,700
El Carrizal	365	132,72000	31 Oct 98 0120	11,740
La Seca	365	3,53300	31 Oct 98 2250	0,240
Unión C	365	333,05000	31 Oct 98 0115	28,680
La Pradera	365	7,96700	31 Oct 98 2250	0,540
Unión D	365	338,55000	31 Oct 98 0115	29,220

4.1.1 Análisis de resultados de caudales picos

La cuenca del Río La Soledad, según modelación hidrológica con HEC-HMS para periodo de retorno de 100 años presenta en la salida un caudal pico de 199,26 metros cúbicos por segundo ($m^3 s^{-1}$), generado por los hidrogramas de las subcuencas: Agua Amarilla, San Francisco, Los Jutes, Agua Dulce, Los Pinos, El Carrizal, La Seca y La Pradera, el caudal pico obtenido por simple sumatoria es de 204,98 metros cúbicos por segundo ($m^3 s^{-1}$). El caudal pico a la salida de la cuenca no es la simple sumatoria de los hidrogramas de las subcuencas, porque cada hidrograma tiene un tiempo distinto, dichos caudales se presentan en Cuadro 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 y 40, situación que se confirma según la teoría de los caudales picos.

El caudal pico de cada subcuenca es proporcional al área de la misma, las subcuencas que presentan mayor caudal pico son: El Carrizal, San Francisco y Agua Amarilla. En cambio, el caudal específico para las subcuencas con áreas menores: La Seca, La Pradera y Los Pinos presentan mayores caudales específicos en metros cúbicos por segundo por kilómetro cuadrado ($m^3 s^{-1} km^{-2}$). Ambos casos se reafirman según la teoría de caudales picos por área.

En anexos se presentan los resultados intermedios que sirvieron de insumo para obtener los caudales picos, tales como: modelo de elevación digital (Anexo 1), mapa de cobertura vegetal (Anexo 2), número de curva (Anexo 3), valores del número de curva por unidad de uso y suelo (Anexo 4), unidades de cobertura y número de curva por subcuenca (Anexo 5), Tiempos de desfase (Anexo 6), resultados del número de curva y tiempo de desfase (Anexo 7), histograma de lluvias (Anexo 8), gráfica del hietograma de estación Tegucigalpa (Anexo 9), análisis estadístico de distribución Log Pearson III de la estación pluviométrica Santa Lucía (Anexo 10, 11, 12, 13 y 14), hidrograma de la Subcuenca Agua Amarilla (Anexo 16).

4.2 Determinación de planicies de inundación y sitios críticos

En la segunda sección se presentan los resultados obtenidos y su respectivo análisis para determinar las planicies de inundación, mediante modelación hidráulica, e ilustradas en mapas de amenaza a inundación para los períodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años (Figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24). También se presenta el mapa de sitios críticos a inundación (Figura 25).

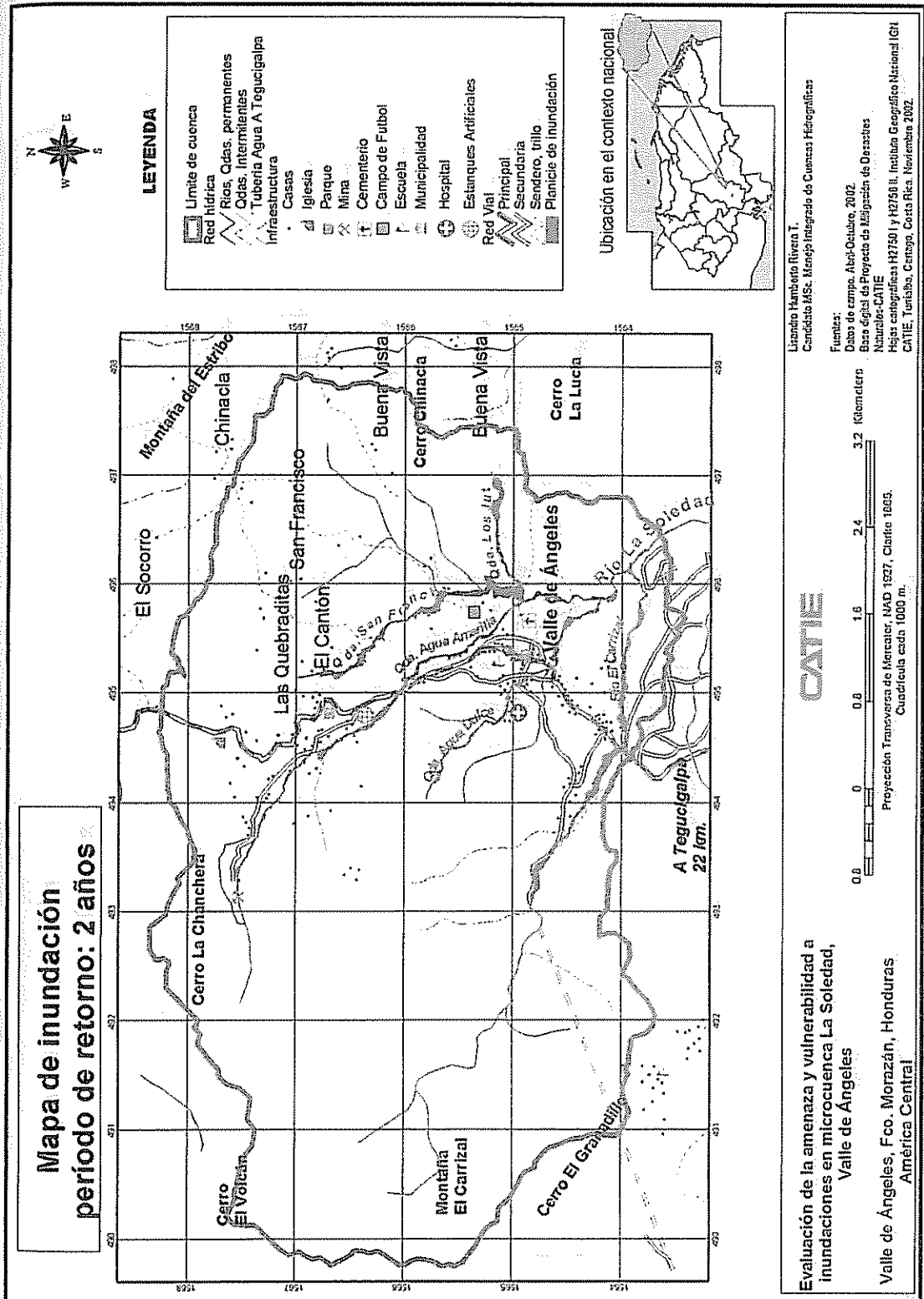


Figura 16. Mapa de amenaza a inundación para periodo de retorno 2 años

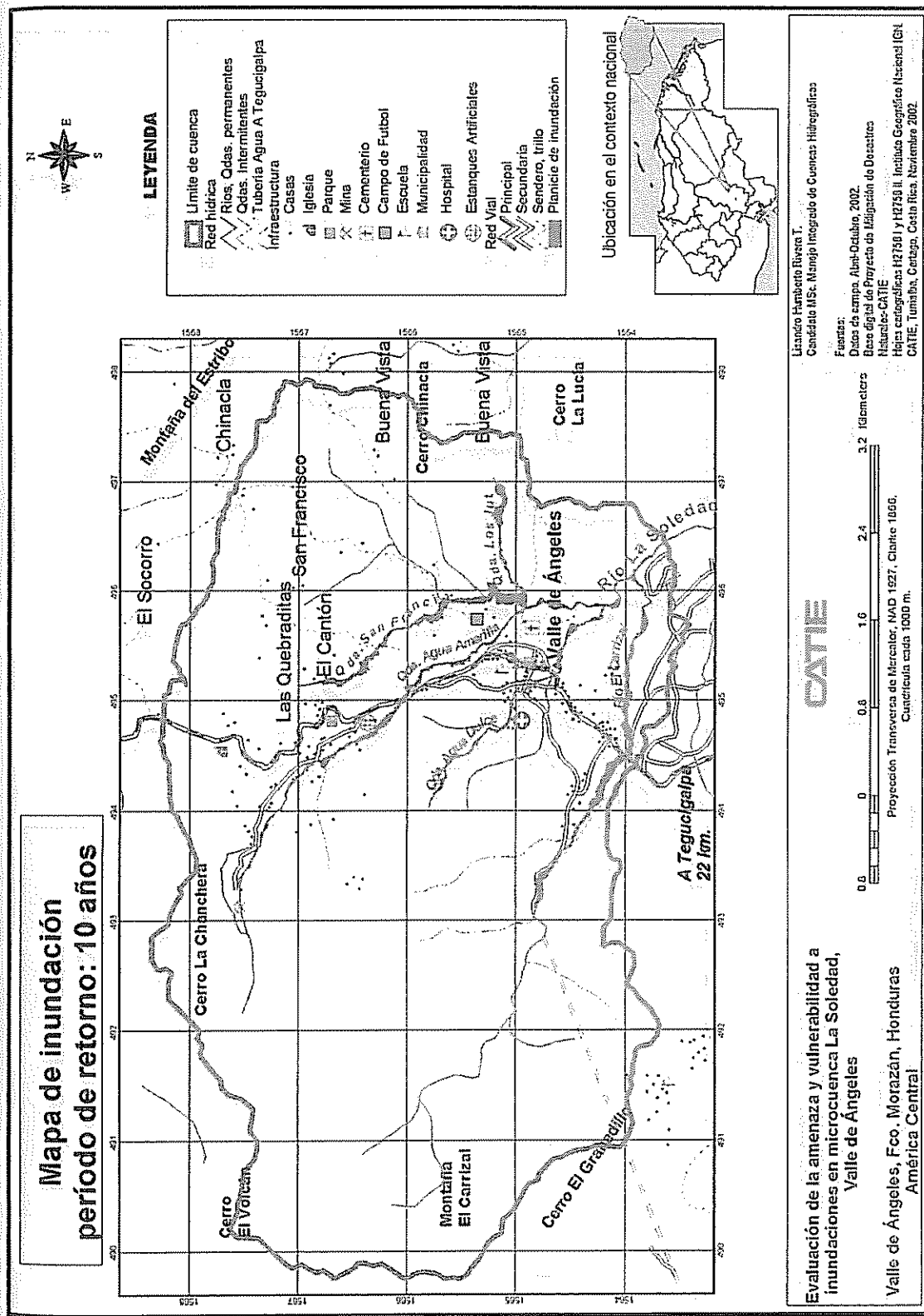


Figura 17. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 10 años

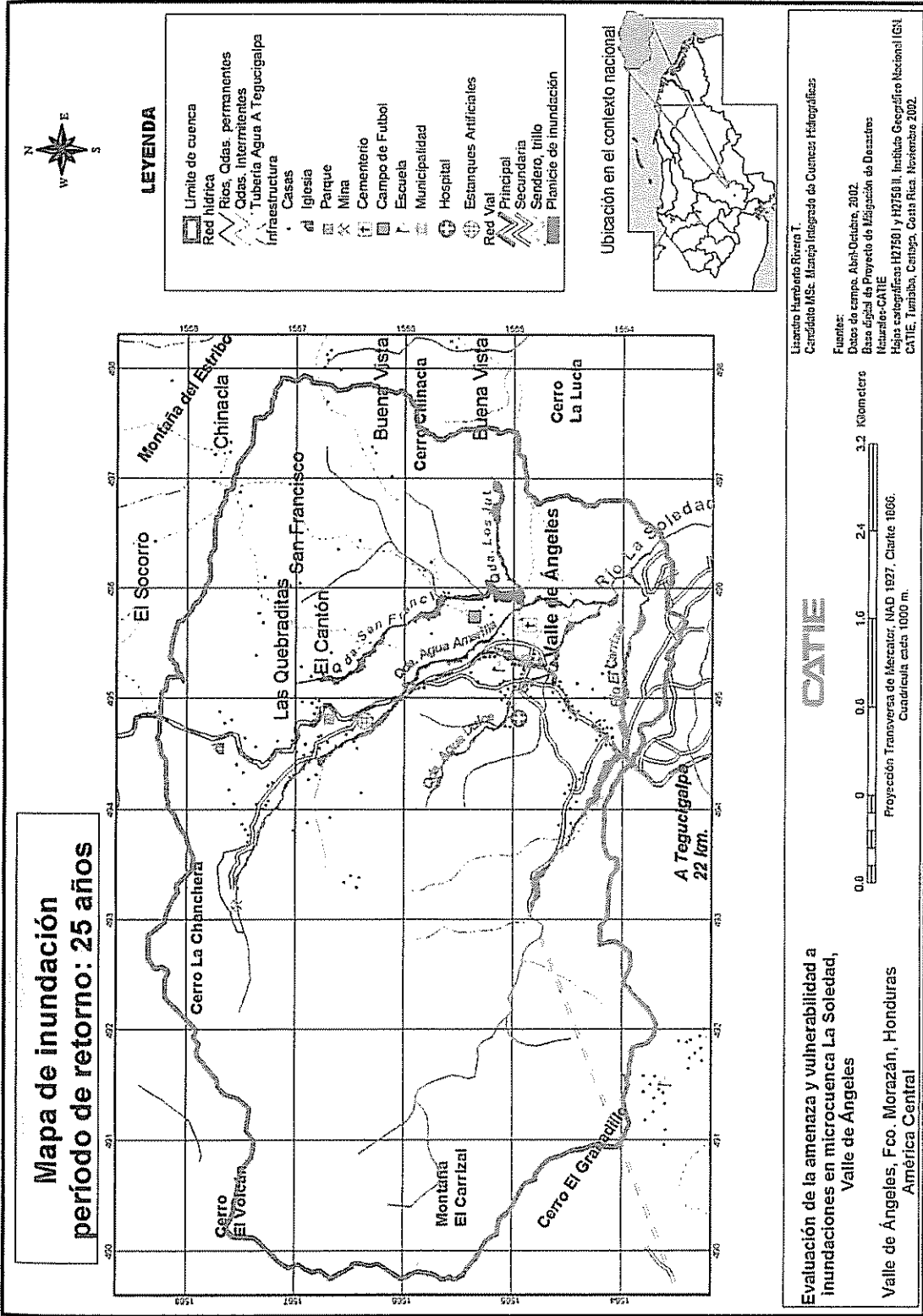


Figura 19. Mapa de amenaza a inundación para periodo de retorno de 25 años

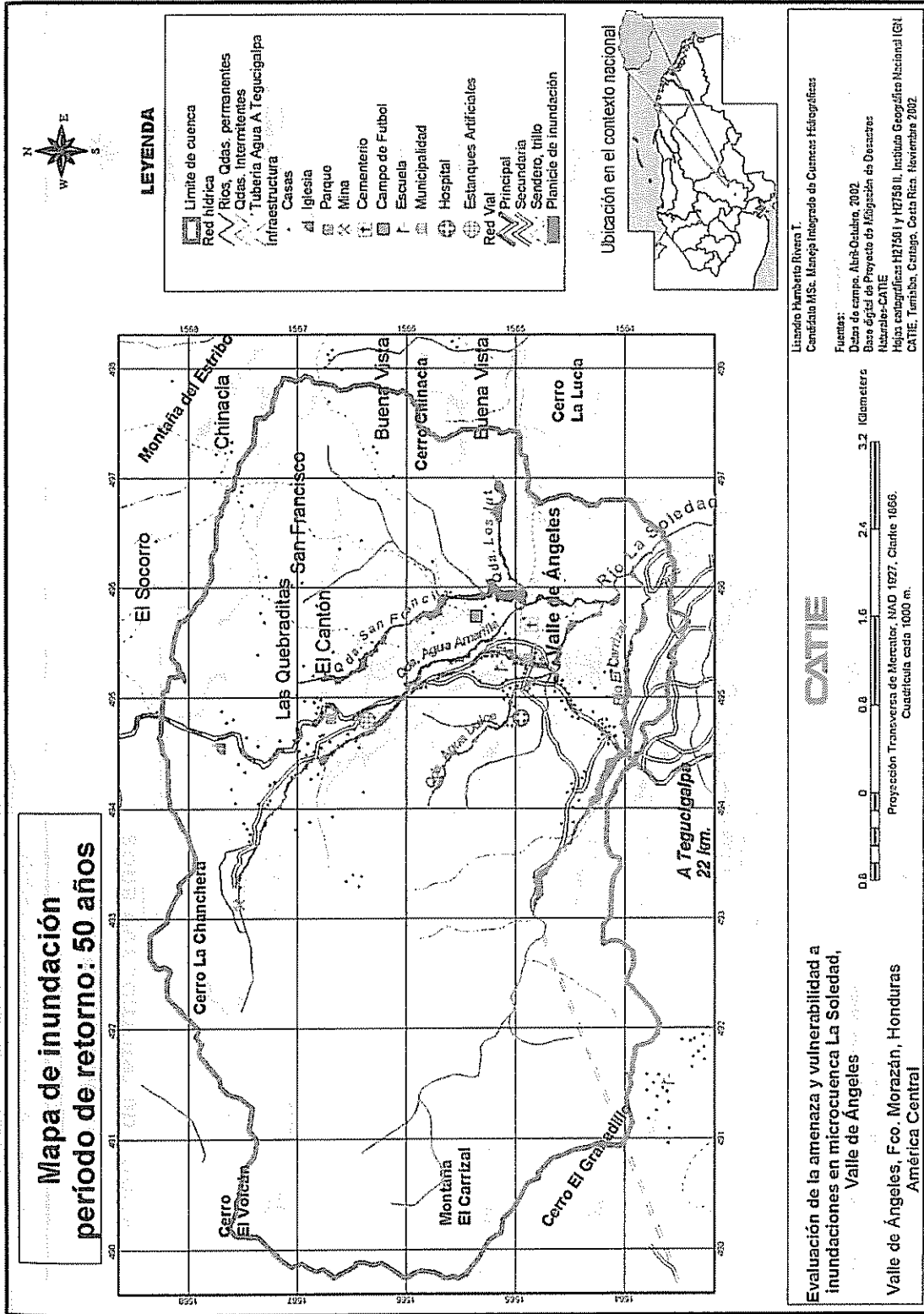


Figura 20. Mapa de amenaza a inundación para periodo de retorno de 50 años

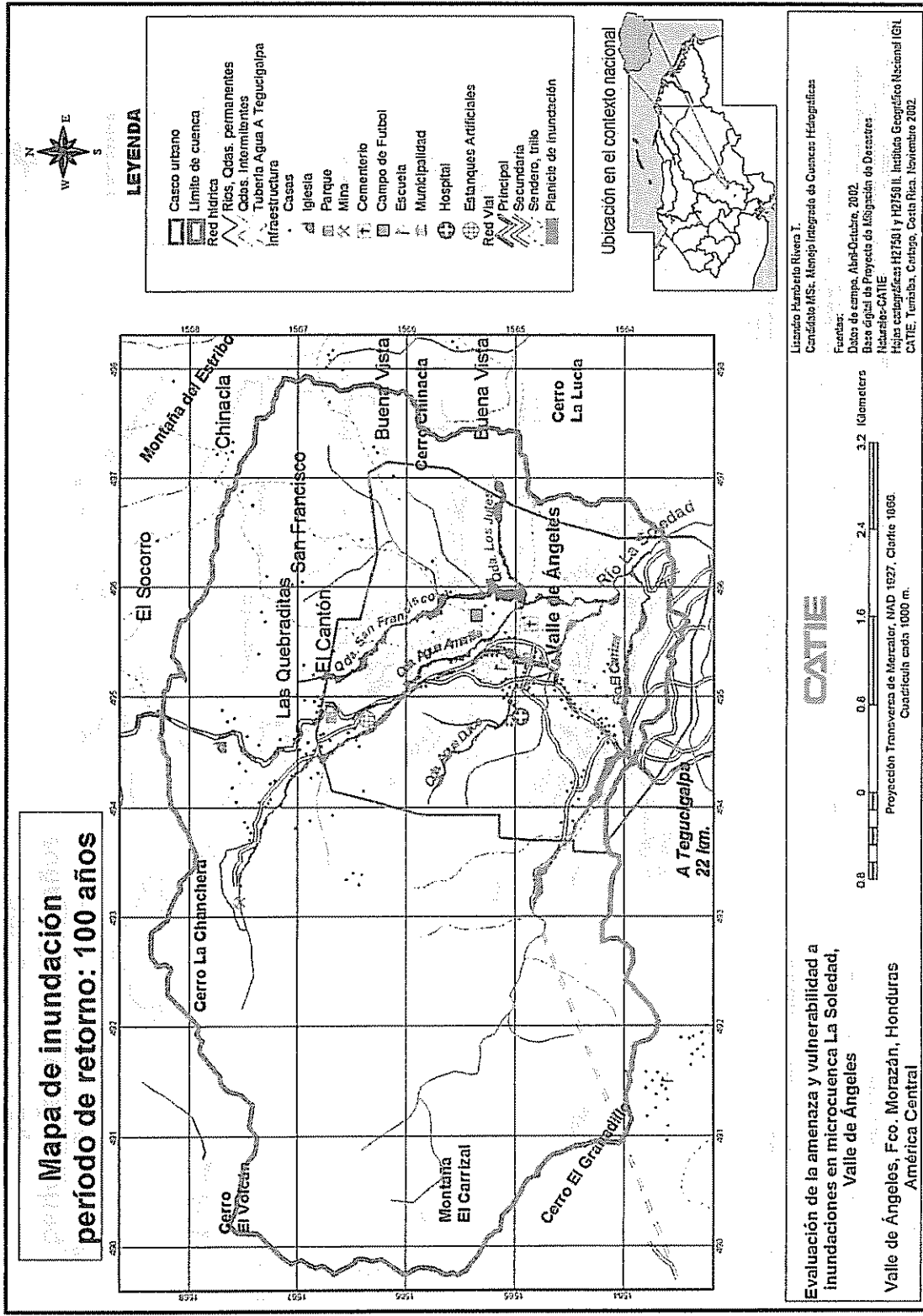


Figura 21. Mapa de amenaza a inundación para periodo de retorno de 100 años

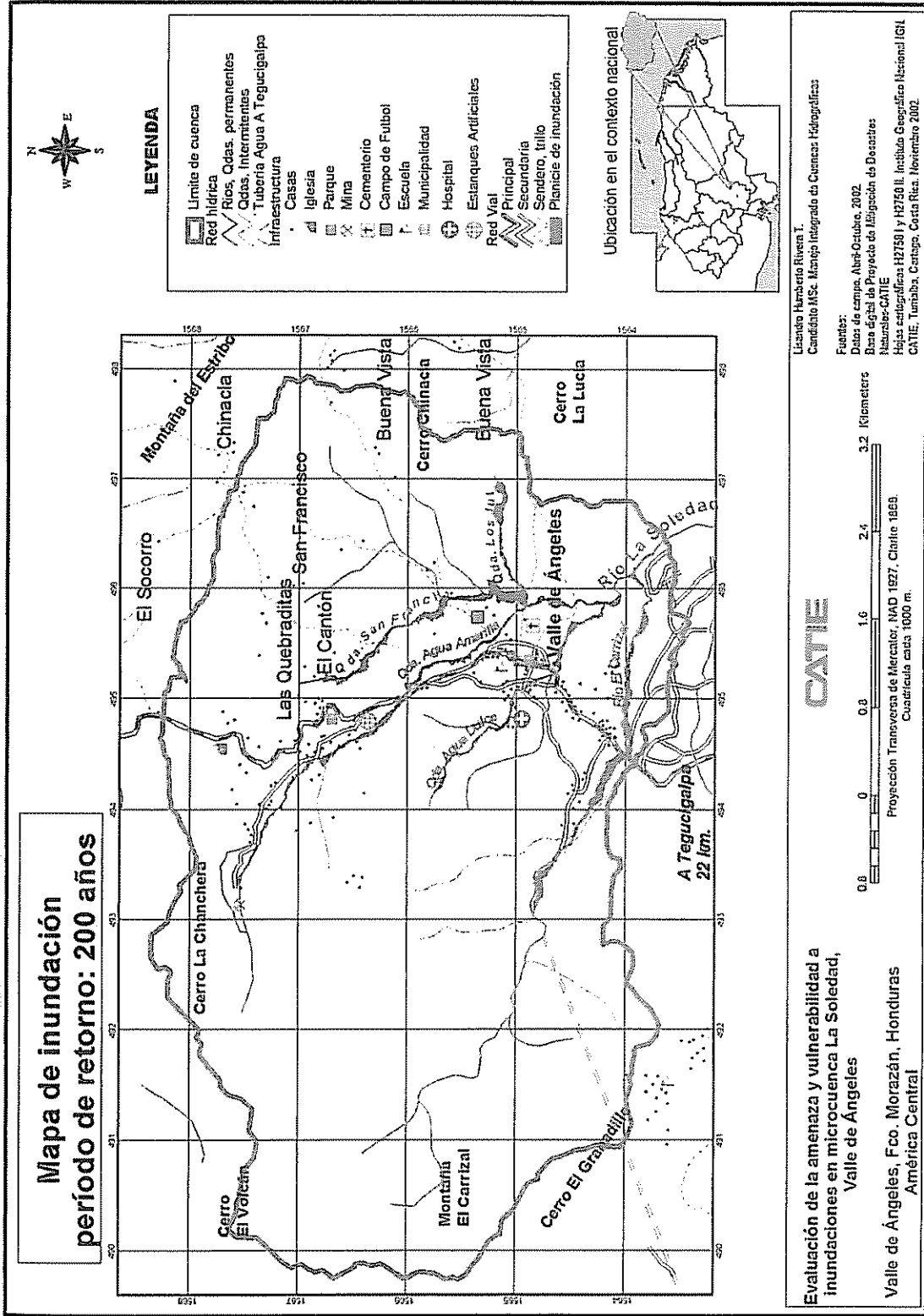


Figura 22. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 200 años

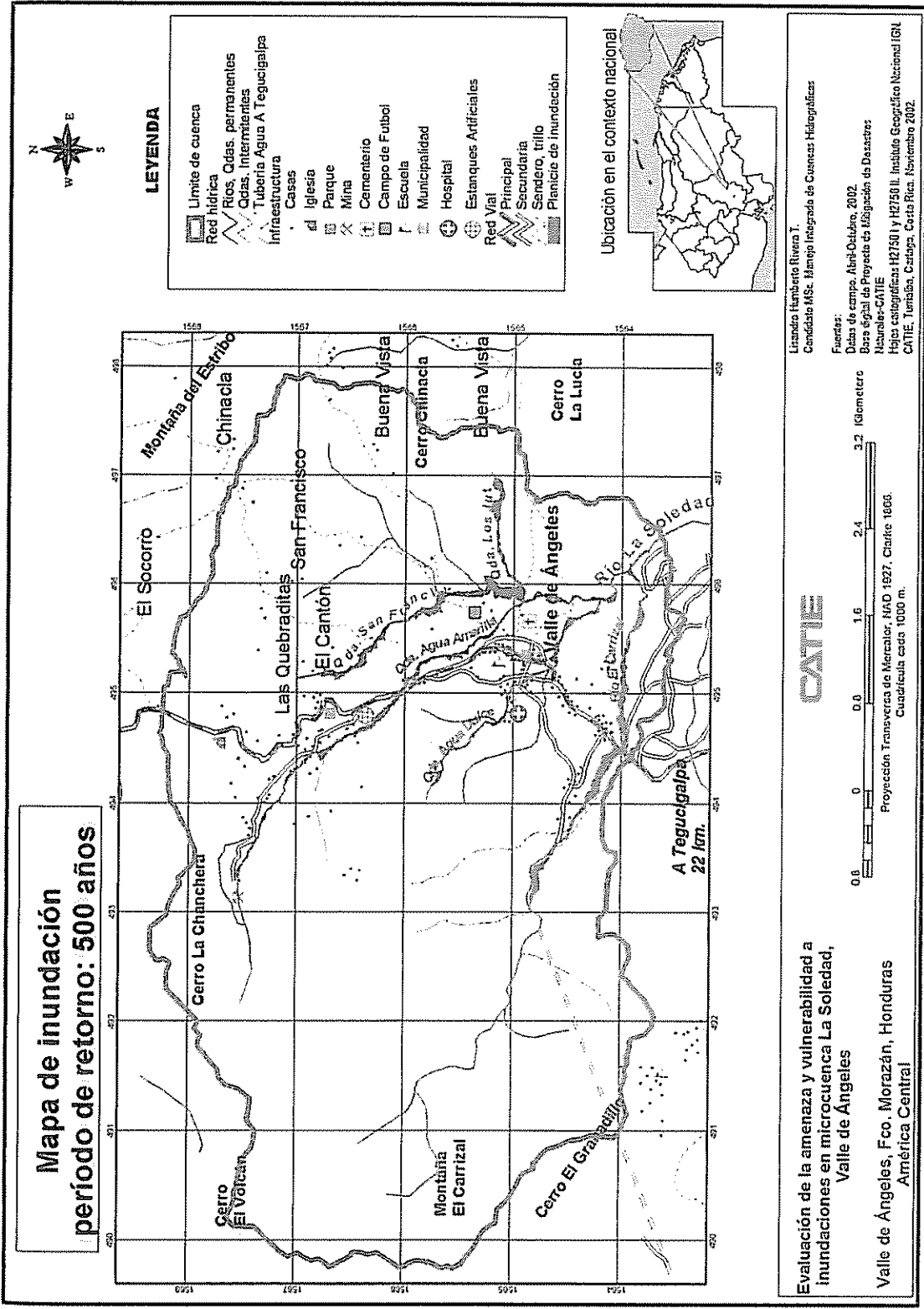


Figura 23. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 500 años

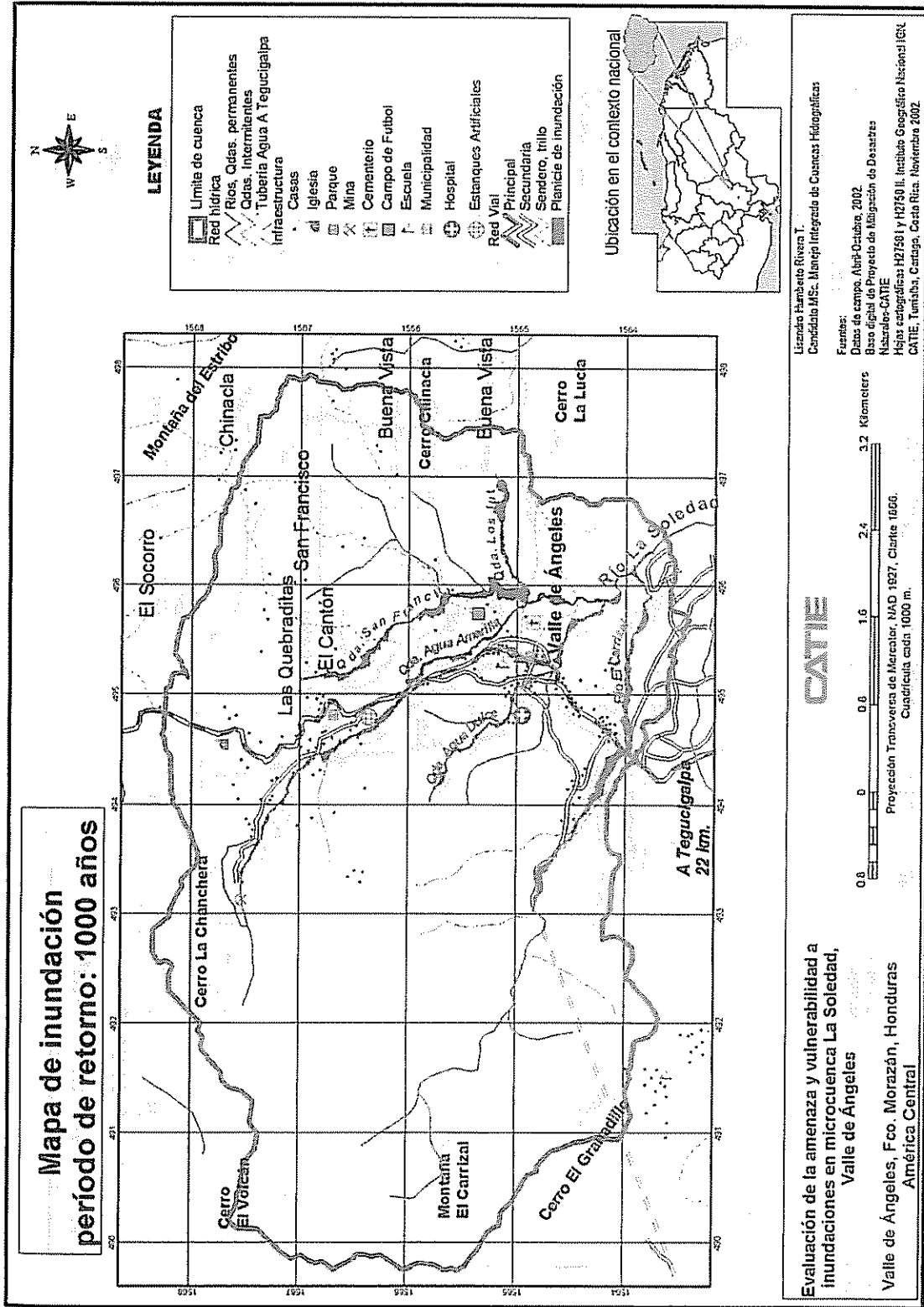


Figura 24. Mapa de amenaza a inundación para período de retorno de 1000 años

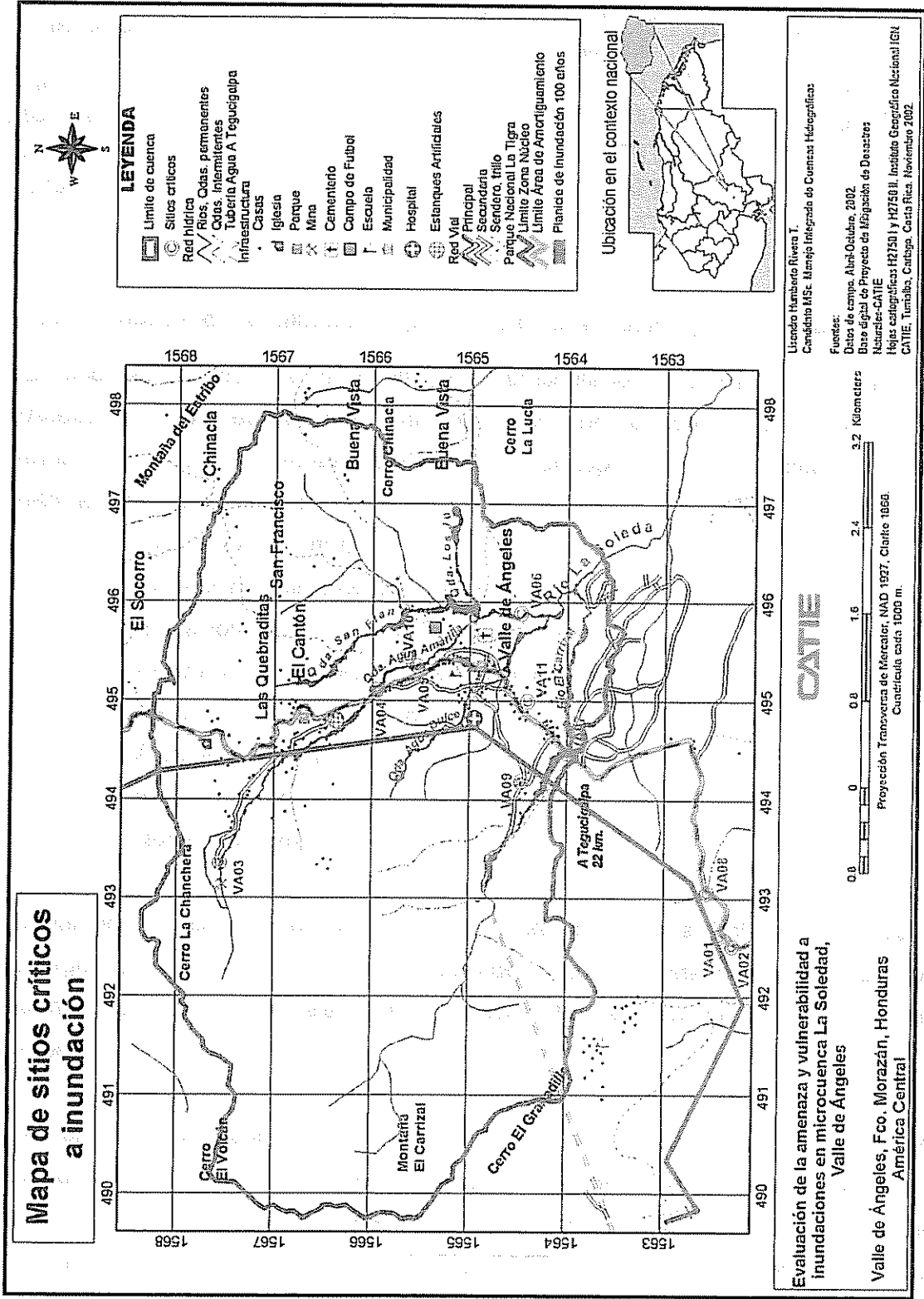


Figura 25. Mapa de sitios críticos a inundación en Valle de Ángeles y límite del Parque Nacional La Tigra

Cuadro 41. Principales características hidráulicas de la red hídrica del Río La Soledad, para período de retorno de 100 años

Subcuenca	Caudal pico (m ³ /s)	Velocidad del canal (m/s)	Espejo de agua (m)	Número de Froude	Longitud (m)
Agua Amarilla	42,14	4,48	14,59	1,63	3956
San Francisco	45,12	3,89	24,1	1,52	2031
Los Jutes	6,02	2,85	6,92	1,61	979
El Carrizal	77,90	3,47	34,86	1,35	3434
Agua Dulce	23,56	3,88	12,05	1,45	2447

4.2.1 Análisis de resultados de planicies de inundación y sitios críticos

La modelación hidráulica con el HEC-RAS presenta los resultados de la salida del modelo (Anexo 26). Los resultados se dan para cada río, en cada tramo y en cada sección transversal para los diferentes perfiles del río, correspondientes a los diferentes períodos de retorno. Las variables presentadas son:

- Caudal total en m³/s
- Elevación mínima del canal en m.
- Elevación de la superficie del agua en m.
- Pendiente de la línea de energía en m/m.
- Velocidad del canal en m/s
- Área de flujo en m².
- Espejo del agua en m.
- Número de Froude.

Según los resultados obtenidos en Anexo 26, El Río La Soledad presenta alto nivel energético, cauce muy estrecho, velocidades altas en distancias cortas, con pendientes fuertes, condiciones naturales que favorecen a la presencia de inundaciones en Valle de Ángeles.

Hirt *et al.* y Hargreaves, citados por Rivera (2000) analizan la fisiografía del territorio de Honduras con respecto a los ríos, y concluyen que Honduras es una faja angosta de tierra, los ríos van desde casi 2.000 msnm hasta 0 msnm en una distancia bien corta, esto hace que la pendiente de los ríos sea mayor y que los ríos se encuentren en cauces bien pronunciados (en forma de "V") y posean un patrón de drenaje dendrítico circular. Este último

factor hace que los ríos sean menos eficientes evacuando el agua precipitada, ya que toda el agua se concentra al mismo tiempo, llamado por los hidrólogos: *Tiempos de concentración* aumentando el riesgo de inundación y el número de las llamadas crecidas rápidas.

Los resultados obtenidos en la modelación hidráulica y el análisis realizado por los autores antes citados demuestran que la geomorfología de la microcuenca y la conducta hidráulica de los ríos de la Microcuenca La Soledad presentan condiciones similares al resto del territorio hondureño, que favorece a la ocurrencia de inundaciones.

De acuerdo al resumen de los resultados de la modelación hidráulica, las principales características hidráulicas que determinan el comportamiento hidráulico de la red hídrica del Río La Soledad para un período de retorno de 100 años, los valores se estimaron mediante el promedio de sus estaciones en función del período de retorno antes mencionado, estas características son: el caudal pico, la velocidad del agua en el canal, el espejo de agua y el Número de Froude.

La Quebrada Agua Amarilla es la que ocasiona más daños porque presenta alta velocidad de socavación y un Número de Froude superior al resto (supercrítico); además de presentar un caudal pico considerable y una longitud superior al resto, que en su mayoría drena por donde hay mayor concentración de población. Cabe mencionar que geológicamente la Subcuenca Agua Amarilla presenta una alta geodinámica en sus suelos de origen mineral y por su genética muy vulnerables a deslizamientos, proceso que se acelera con la actividad antropogénica y con eventos extremos tal como el Mitch, que provocó represamientos de lodo y árboles que se tomaron en un gran peligro para la población de Valle de Ángeles.

La Quebrada San Francisco, es la segunda quebrada en importancia porque tiene una alta velocidad, un espejo de agua considerable, un Número de Froude alto y un caudal pico similar al de la Quebrada Agua Amarilla.

La Quebrada Los Jutes, no representa mayor peligro porque su caudal pico es bajo, es de poca longitud, su velocidad es muy baja; sin embargo presenta un Número de Froude similar al de Quebrada Agua Amarilla.

El Río El Carrizal, presenta el mayor caudal pico y un espejo de agua mayor que el resto; sin embargo su velocidad y Número de Froude es bajo. Para fines de inundación este río no

representa mayor peligro para la población de Valle de Ángeles, porque no drena por donde se localiza la mayor concentración de población (sector sur de Valle de Ángeles).

En anexos se presentan los resultados intermedios que sirvieron de insumo para la delimitación de las planicies de inundación utilizando modelación hidráulica. En esta sección se muestran los siguientes anexos: sección transversal típica de la Quebrada Agua Amarilla y sus periodos de retorno (Anexo 21), Perfil longitudinal de la Quebrada Agua Amarilla para un periodo de retorno de 100 años (Anexo 22), perfil del caudal versus elevación del agua (Anexo 23), cálculo de pendientes para determinar el flujo supercrítico (Anexo 24), cálculo de pendientes para determinar el flujo subcrítico (Anexo 25), salidas del modelo hidráulico (Anexo 26). También se presentan las fichas técnicas de 11 sitios críticos.

4.3 Evaluación de la vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca del Río La Soledad

En esta sección se presentan los resultados y análisis de la evaluación de la vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca del Río La Soledad. En el Cuadro 34 y Figura 26 se presenta el resultado general de la evaluación de la vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad.

Cuadro 42. Resultado general de la evaluación de la vulnerabilidad de la Microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles, Honduras

Tipo de vulnerabilidad	Promedio por vulnerabilidad	Total máximo posible	Vulnerabilidad existente (%)	Valoración de la vulnerabilidad
Educativa	2,45	4	61,2	Alta
Institucional	3,20	4	80,0	Alta
Social	2,60	4	65,0	Alta
Política	2,50	4	62,5	Alta
Económica	2,05	4	51,2	Media
Ideológica	1,60	4	40,0	Baja
Física	2,80	4	70,0	Alta
Técnica	2,95	4	73,8	Alta
Ecológica	2,20	4	55,0	Media
Vulnerabilidad Global	2,48	4	62,0	Alta

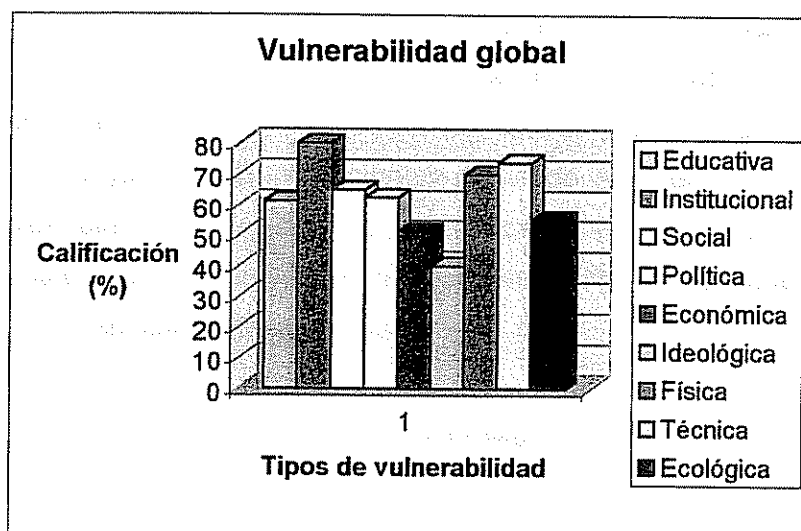


Figura 26. Tipos de vulnerabilidad y su calificación

4.3.1 Análisis de resultados de evaluación de vulnerabilidad

A continuación se presenta el análisis de resultados obtenidos en la evaluación de la vulnerabilidad global de Microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles.

Se observa que la cuenca tiene mayor vulnerabilidad en la parte institucional (Cuadro 42 y Figura 26), por falta de planes de prevención de inundación, de coordinación interinstitucional y capacitación al personal técnico de las instituciones en temas relacionados con las inundaciones. CATIE-FOCUENCAS es la única institución que ha tenido mayor presencia en la Microcuenca La Soledad con capacitaciones y proyectos de manejo de recursos naturales.

La Microcuenca La Soledad presenta vulnerabilidad técnica alta, destacándose que los puentes, alcantarillas y cajas puentes son construidos con poca capacidad hidráulica y con diseños no adecuados con respecto al cauce natural, falta de limpieza de los cauces de las quebradas, así como la protección con rocas grandes en los márgenes de los cauces especialmente en las curvas cóncavas, son medidas muy eficientes y baratas, especialmente en la Quebrada Agua Amarilla. La infraestructura vial, puentes y alcantarillas fueron totalmente dañados por Mitch, algunas se construyeron con malos diseños y otras están en carácter provisional, es necesario dar mantenimiento a las existentes y agilizar la construcción de las que están pendientes.

En lo que respecta a la vulnerabilidad física, es la tercera en importancia y se observó que de ocurrir un evento de intensidad media de lluvia, la tubería de conducción de agua potable fallaría porque está instalada sobre los cauces de los ríos y sería el primer servicio básico que afectaría a la mayoría de la población de Valle de Ángeles, en cuanto a viviendas construidas existen alrededor de 20 viviendas ubicadas en las planicies de inundación, algunas con muros que se constituyen en peligro latente para los habitantes de las mismas, por que dan una falsa sensación de seguridad.

La vulnerabilidad social resultó alta por el poco liderazgo y organización comunitaria.

La vulnerabilidad económica resultó alta porque los predios para construir están fuera del alcance de los habitantes de Valle de Ángeles (alrededor de \$ 23,5/m²) y los ingresos son bajos (alrededor de \$ 4,00/día) terminan construyendo en áreas de riesgo a inundaciones.

La vulnerabilidad política resultó alta por la falta de aplicación de leyes.

La vulnerabilidad educativa resultó alta porque la mayoría de la población no escucha programas radiales ambientales y la generalidad de los productores no reciben asistencia técnica en conservación de suelos, para reducir la erosión y sedimentación en los lechos de los ríos las inundaciones.

La vulnerabilidad ecológica pese a presentarse abajo de la media de la vulnerabilidad global, es la que potencialmente presenta mayor tendencia a incrementarse, por la falta de tierras aptas para cultivos, falta de leña y plagas que atacan el bosque pinar. Además, en los predios donde cultivan lo hacen sin prácticas adecuadas de conservación de suelos, cabe mencionar la alta amenaza a deslizamientos que presenta la zona alta de la microcuenca, con el agravante de que la Microcuenca La Soledad tiene minerales que potencialmente pueden explotar compañías mineras.

La vulnerabilidad ideológica de la población de Valle de Ángeles resultó como la más baja, porque ante la amenaza y presencia de inundaciones surge el espíritu de unión y desafortunadamente se diluye una vez pasado el evento.

En general, la Microcuenca La Soledad se califica con vulnerabilidad "Alta" y con la aplicación efectiva de las medidas correctivas y preventivas se puede reducir a vulnerabilidad media e inclusive a vulnerabilidad baja.

En Anexos 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46 se presentan los cuadros que se utilizaron para la estimación y evaluación de la vulnerabilidad, los cuales describen la ponderación de las variables para cada tipo de vulnerabilidad analizada.

4.4 Estrategias participativas y recomendaciones para reducir la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones

La participación metodológica en los tres talleres patrocinados por el PMDN-CATIE y la aplicación de los modelos HEC-HMS Y HEC-RAS hidrológico e hidráulico respectivamente, proporcionó resultados satisfactorios en la regulación de avenidas catastróficas permitiendo conocer la amenaza y vulnerabilidad biofísica y socioeconómica de la Microcuenca La Soledad. La participación de la población de Valle de Ángeles fue fundamental en la definición de los problemas y sus posibles soluciones, proponiendo medidas correctivas y de prevención y ante eventos de inundaciones.

También, como producto de los talleres se formó un Comité de Emergencia Municipal (CODEM), el cual será el líder en el cumplimiento de las estrategias participativas de largo y corto plazo, para reducir la vulnerabilidad ante posibles impactos de las inundaciones.

A continuación se presenta propuesta de estrategias participativas

4.4.1 Estrategias a largo plazo

- El Comité de Emergencia Municipal debe utilizar esta investigación como soporte para trabajar en la prevención y mitigación de inundaciones y tomar un papel beligerante en el sentido de formular y gestionar proyectos que además del componente socioeconómico tengan el componente de manejo racional de los recursos naturales de la microcuenca.
- El Proyecto FOCUENCAS es la única institución que está trabajando con el manejo de la Microcuenca La Soledad, en ese sentido, es necesario que las demás instituciones y productores capacitados se constituyan en efecto multiplicador positivo

para el manejo y sostenibilidad de los recursos de la misma y con ello contribuir en la reducción del impacto de las inundaciones y por ende mejorar la calidad de vida de los habitantes de Valle de Ángeles.

- Reforzar las debilidades institucionales, tales como la participación activa y coordinada de las instituciones en la formulación y ejecución de planes de prevención tendientes a reducir la vulnerabilidad a inundaciones de la microcuenca, y solicitar ayuda en aspectos de capacitación, asesoría, infraestructura y mantenimiento a niveles medios y altos a instituciones como el Comité Permanente de Contingencias (COPECO), Asociación de Municipios de Honduras (AMHON), Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), Secretaría de Obras Públicas, Transporte y Vivienda (SOPTRAVI), Amigos del Parque Nacional La Tigra (AMITIGRA) y Policía Nacional, entre otras.
- Vincular a la población e instituciones y comunidades aledañas a la zona, específicamente a instituciones establecidas en Tegucigalpa, tales como el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) y las Alcaldías Municipales de Santa Lucía y del Distrito Central, porque estas se benefician de las externalidades generadas en la Microcuenca La Soledad, como los servicios ambientales de agua y ecoturismo.
- Concienciar la población en la prevención de inundaciones, para que siempre se mantengan preparados ante la amenaza y no sólo cuando esta se presenta. Cuando ocurrió el huracán Mitch, surgió el espíritu de unión y colaboración de la población de Valle de Ángeles, una vez pasado el fenómeno, ese espíritu se diluyó.

4.4.2 Estrategias a corto plazo

- Priorizar y agilizar los trabajos pendientes de construcción de la infraestructura dañada provisionalmente mejorada y aplicar mantenimiento consistente en la revisión y limpieza periódica de los cauces a fin de conservar el área hidráulica de los ríos, prioritariamente en la Quebrada Agua Amarilla.

- Se recomienda la introducción de espigones para proteger los bancos del río, especialmente en las curvas cóncavas, donde el golpe del agua se concentra y es más fuerte. Los espigones deben ser preferiblemente contruidos con rocas. Si no se dispone de piedra bruta, se debe usar gaviones.
- Se debe proteger las pilas y los estribos de los puentes para evitarles socavación.
- Se debe evitar la construcción de pilas centrales en puentes de luz reducida, pues constituyen bloqueos para el flujo, y aumentan la posibilidad de atascamiento de árboles y piedras.
- Se debe evitar la construcción de alcantarillas, pues más fácilmente se bloquean provocando rompimiento de las carreteras.
- Las tuberías de conducción de agua deben ser ubicadas, en su paso por los ríos, en sitios seguros, para evitar su destrucción durante las inundaciones.
- En las áreas con potencial de urbanización debe delimitarse las planicies de inundación que presentan un mayor peligro de acuerdo a los mapas de amenazas para que la Municipalidad establezca y haga cumplir las ordenanzas y demás disposiciones legales que permitan aplicar la legislación a los infractores.
- Establecer franjas de retiro, dado que el Río La Soledad, especialmente las quebradas de pie de monte, han demostrado una gran capacidad de socavación, y una gran inestabilidad geomorfológica, lo que hace que las condiciones de flujo varíen drásticamente en caso de grandes eventos. En estas franjas de retiro se podría permitir el uso agropecuario, pero que se evite el uso residencial, industrial, comercial y de instalación de líneas vitales.
- A lo largo de Quebrada Agua Amarilla, después de Mitch se han construido muros dentro de las planicies de inundación, los cuales dan una falsa sensación de seguridad. Razón por la cual deben eliminarse dichos muros que funcionan como obstrucciones a la quebrada.

- Capacitar a los agricultores, para la aplicación de prácticas de conservación de suelos, porque la agricultura tradicional está contribuyendo con altas tasas de escurrimiento y por ende con la degradación de los suelos, acelerando los procesos de erosión y sedimentación de los cauces de las quebradas.
- Establecer jornadas de trabajo comunitario, con estudiantes de último año de Bachillerato de los diferentes institutos del municipio, en actividades de concientización y prevención de desastres naturales.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los eventos extremos de precipitación causan caudales picos moderados que se vinculan con los deslizamientos y provocan inundaciones en Valle de Ángeles. El núcleo poblacional de Valle de Ángeles tiene alta vulnerabilidad a inundaciones por las características geomorfológicas de la microcuenca, presencia de rocas ácidas con altos índices de mineralización y el uso inadecuado de la tierra, aceleran los procesos de deslizamiento de la zona alta de la microcuenca hacia los ríos, formándose diques o tapones que potencialmente ocasionen una inundación repentina y muy peligrosa, de acuerdo a la experiencia vivida cuando ocurrió el huracán Mitch.
- Una de las ventajas de la modelación hidrológica es obtener el caudal pico en cualquier punto (intersección de quebradas, en zonas de puentes y alcantarillas) de interés de la red hídrica del Río La Soledad, dicho caudal sirve para el diseño y construcción de obras hidráulicas con capacidad de evacuar el caudal de eventos extremos tal como el huracán Mitch, en cambio, si se toma en cuenta una estación limnigráfica el caudal corresponde sólo a la posición donde está establecida la estación. Además, la modelación hidrológica de la Microcuenca La Soledad permite obtener una caracterización hidrológica más detallada, porque se hace con base a áreas pequeñas o subcuencas, evitando generalizar, lo que favorece en la prevención de las inundaciones en Valle de Ángeles.
- La modelación hidrológica e hidráulica permite la definición de la amenaza y el mapa de amenaza es la base para la planificación del desarrollo urbanístico de Valle de Ángeles; además se constituye en una herramienta base y fácil de interpretar por los gobiernos locales y la población. El mapa de amenaza es una situación poco cambiante.
- El problema fundamental del Río La Soledad es su alto nivel energético, presentando velocidades altas, con fuerte poder erosivo. Además el cauce es encajonado, lo cual concentra la acción de socavación. La tendencia a realizarse construcciones en las planicies de inundación conduce a una significativa vulnerabilidad.

- Se identificaron técnicamente sitios críticos o susceptibles a daños por inundaciones y se prescribieron trabajos para reducir el impacto de las inundaciones, tales como el establecimiento de espigones y gaviones, enrocamiento, diseño y construcción de obras hidráulicas, mantenimiento de las obras hidráulicas y del cauce de las diferentes quebradas.
- La estimación y evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica es tan importante como la biofísica porque permitió percibir la situación real de la población de acuerdo a las variables e indicadores analizados según los siguientes tipos de vulnerabilidad: educativa, institucional, social, política, económica, e ideológica.
- En la microcuenca del Río La Soledad la vulnerabilidad global a inundaciones está dentro de la categoría de vulnerabilidad alta (62%). La vulnerabilidad institucional es la que requiere especial atención (80%), es necesario que las instituciones de la zona participen en la elaboración y ejecución de planes de prevención de inundaciones, coordinación interinstitucional y capacitación del personal técnico en actividades tendientes a reducir la amenaza y vulnerabilidad.
- La participación en el desarrollo metodológico de los talleres en Valle de Ángeles fue determinante porque permitió conocer la situación de la Microcuenca La Soledad, y a la vez proponer estrategias participativas con la comunidad, tendientes a reducir el impacto de las inundaciones. Además, se constituyó en un medio informativo, formativo, de concientización y de organización de un Comité de Emergencia Municipal, que coordinará la ejecución de las estrategias para reducir la vulnerabilidad de las inundaciones en Valle de Ángeles.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de planificación y uso de la tierra a nivel rural y de ordenamiento territorial a nivel de la ciudad, los cuales servirán para reducir la degradación del suelo en Microcuenca La Soledad, instaurando tecnologías de conservación en las áreas establecidas para uso agropecuario, con prioridad en las comunidades de Las Quebraditas hasta Buena Vista, y demás comunidades ubicadas a la margen derecha de la carretera que comunica hacia San Juancito y establecer vigilancia en la zona de amortiguamiento y núcleo del Parque Nacional La Tigra y también ordenar el desarrollo urbanístico de la ciudad de Valle de Ángeles.
- Debe impedirse, por medio de programas de educación y incluso aplicando la ley, la invasión de las planicies de inundación.
- En Valle de Ángeles, existen muchas fincas y casas de campo, cuyos propietarios en su mayoría son altos funcionarios y exfuncionarios públicos e incluso expresidentes, coyuntura que hay que aprovechar para socializar y acelerar el desarrollo integral de esta ciudad.
- Establecer mecanismos de monitoreo e instaurar un sistema de alerta temprana, que permita conocer el comportamiento de los afluentes del Río La Soledad.
- Se recomienda hacer una valoración detallada de los trabajos de obras hidráulicas a realizar en los cauces, los cuales servirán para la formulación de proyectos a gestionar ante las instituciones aportantes.
- Dado el alto nivel de escolaridad, es necesario orientar la educación y capacitación a todo nivel, en aspectos de prevención y mitigación de desastres naturales.
- Manejar la microcuenca, mediante enfoque integral de una red de municipios, porque las externalidades que se dan en la misma se reflejan en los municipios aledaños a la microcuenca.

- Es recomendable reducir la deforestación, práctica que deja el suelo sin cobertura vegetal y altera el ciclo hidrológico, que con la presencia de lluvias esta deja de ser interceptada, ni infiltrada, por tanto el agua escurre y acelera los procesos de erosión, transportando suelo y asolvando los cauces de ríos y quebradas, reduciendo la capacidad hidráulica de los mismos y arrastrando grandes volúmenes de suelo, los cuales actúan como tapón represando grandes volúmenes de agua y causando inundaciones repentinas con consecuencias devastadoras, tal como se presentaron las inundaciones provocadas por el huracán Mitch en Valle de Ángeles.

6. LITERATURA CITADA

- Aparicio, M. 1999. Dinámica de inundaciones del río Colorado e impacto en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 104 p.
- Baritto L, F. 2000. Dinámica de factores asociados al uso de la tierra e implicaciones sobre el colapso ambiental de 1999 en la costa norte de Venezuela. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 103 p.
- Cáceres, K. 2001. Degradación y vulnerabilidad a desastres naturales de la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 110 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 1998. Honduras: Evaluación de los daños ocasionados por el Huracán Mitch. Sus implicaciones para el desarrollo económico y social y el medio ambiente. Tegucigalpa, Honduras. Diciembre, 1998. 145 p.
- Chow, V.T.; Maidment, D.; Mays, L. 1994. Hidrología aplicada. Bogotá, Colombia, McGraw-Hill. 584 p.
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE). 1986. Manual de Diseño de Obras Civiles. México, D. F. v.1.
- CNE (Comisión Nacional de Emergencia). 1996. Modulo de inundaciones, Costa Rica, s.n.t.
- DRH-SERNA (Dirección de Recursos Hídricos-Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente). 2001. Datos hidrometeorológicos: Resumen en hojas electrónicas de excel de datos mensuales de estación pluviométrica Santa Lucía, periodo 1985-2001. Honduras.
- EL-KADY, A. I. 1989. Watershed models and their applicability to conjunctive use management. *Water Resources Bulletin* (EE.UU) 25(1):125-137.

- FAO. 1990. Manejo integrado de cuencas hidrográficas en América Latina. Red Latinoamericana de cooperación técnica en manejo de cuencas hidrográficas. Santiago, Chile. 36 p.
- Faustino, J. 1999. Gestión y manejo de microcuencas: Material para un curso intensivo, conceptos, diagnóstico, planificación y manejo. San Salvador, El Salvador. 70 p.
- FOCUENCAS (Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local para el Manejo de Cuencas y la Prevención de Desastres Naturales). 2001. Diagnóstico y línea base de la microcuenca del río La Soledad Valle de Ángeles, Honduras.
- Gomáriz, E. 1999. Género y desastres: introducción conceptual y criterios operativos. La crisis del Huracán Mitch en Centroamérica. San José, C.R., Fundación Género y Sociedad (GESO). 245 p.
- González S, 2001. Áreas críticas y vulnerabilidad a desastres naturales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 114 p.
- HEC-RAS (River Analysis System).1995. Hydraulic reference manual. Versión 1.0. Davis, C.A, US Army Corps of Engineers. p. irr.
- HEC-RAS (River Analysis System) 2001. Hydraulic reference manual Version 3.0. Davis, C.A, US Army Corps of Engineers. p. irr.
- HEC-HMS (Hydrologic modeling system). 2000. Technical reference manual Davis, CA, US Army Corps of Engineering Center. p. irr.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional, Honduras). 1993. Mapa topográfico de Honduras: hoja San Juan de Flores 2758 I. 3 ed. Esc. 1:50000.
- IGN (Instituto Geográfico Nacional, Honduras). 1993. Mapa topográfico de Honduras: hoja Tegucigalpa 2758 II. 2 ed. Esc. 1:50000.

- Jackson, T. J. 1982. Application and selection of hydrologic models. *In* Hydrologic modeling of small watersheds. Eds. C. T. Haan; H. P. Jonson; D. L. Brakensiek. EE.UU., American Society of Agricultural Engineers. p. 475-504.
- Jiménez, H. 1992. Hidrología básica I. Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle. Cali, Colombia. 187 p.
- Jiménez Otárola, F. 2001. Apuntes del curso de manejo de desastres naturales. Turrialba, CR, CATIE. 233 p.
- Lavell, A. 1996. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. *In* Ciudades en riesgo. Comp. MA, Fernández. Perú, La Red. p. 21-59.
- Madrigal O, L. 1995. Análisis de las inundaciones en la cuenca del río Tuis mediante la modelación hidrológica e hidráulica de eventos máximos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 371 p.
- Meléndez, B.A. 2001. Uso de los recursos naturales y su relación con la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del Río Tuis. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 93 p.
- Morales, D.; Saavedra, P. 1998. Aportes de SIG para la determinación del déficit de agua dentro del componente de riego del proyecto múltiple Misicuni. Bolivia.
- Muñoz, E. 1998. Sistema de simulación hidrológica para el cálculo de la avenida de proyecto. Cochabamba, Bolivia, Convenio LHUMSS – PROMIC. (Serie Estudios Hidrológicos, Publicación n° 17)
- OEA (Organización de Estados Americanos). 1991. Desastres, planificación y desarrollo: Manejo de amenazas naturales para reducir los daños. Washington D.C. 80 p.

- OXFAM, UK. Mapeo de riesgos y vulnerabilidad en Centroamérica y México. Consultado el 21 de enero de 2002. Disponible en: http://rds.org.hn/alerta-ambiental/docs/vulnerabilidad/documentos/riegos_vulnerabilidad.html
- PMDN-CATIE (Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales) 2002. Componentes de análisis de vulnerabilidad, identificación de medidas y diseño de un plan de capacitación a nivel municipal en los componentes 2.2.1 y 3.2 respectivamente. Tegucigalpa, Honduras.
- Rivera, S. 2000. Estrategia del manejo integrado de cuencas hidrográficas en Honduras: una propuesta de desarrollo sostenible. Proyecto de Desarrollo Forestal, ESNACIFOR-USAID, 2000. Consultado el 10 de noviembre del 2002. Disponible en: http://rds.org.hn/forestal/calidad_de_vida/cuencas/cuencas_honduras_porRivera.pdf
- Romero, G.; Maskrey, A. 1993. Como entender los desastres naturales. *In* Los desastres no son naturales. Comp. A. Maskrey. Colombia, La red. p. 1-8.
- SNM (Servicio Nacional de Meteorología). 2001. Datos hidrometeorológicos: Boletas de gráficas de lluvias mensuales de estación pluviográfica Tegucigalpa, período 1985-2001. Honduras.
- Solís, H.; Murillo Montero, W.; Oreamuno Vega, R. 1991. Estudio hidrológico e hidráulico para el control de inundaciones en la cuenca del Río Purires, Valle del Guarco. Informe técnico. Turrialba, Costa Rica. CATIE-RENARM-CUENCAS. 59 p.
- Solís, H.; Shultz, S.; Medina, J.M. 1997. Methodologies for flood control in Central America: a case study of the Purire river watershed using both structural solutions and reforestation. *In* Semana Científica CATIE. (3, 1997, Turrialba, Costa Rica). Actas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p. 286-289.
- Solís, H.; Oreamuno Vega, R.; Murillo Montero, W.; Chacón Solano, J.J. 1993. Modelación hidrológica e hidráulica para el control de inundaciones en Centroamérica: casos río Purires y Turrialba. Turrialba Costa Rica, CATIE. 63 p.

- Solís, H. 2001. Apuntes del curso de bases hidrológicas para el manejo de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, CATIE.
- _____. 2001. Apuntes del curso de manejo de recursos hídricos: Reducción de daños por inundaciones. Turrialba, CR, CATIE.
- TRAGSA. 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. 2 ed. rev. Ingeniería medioambiental, Madrid, España, Ministerio del Medio Ambiente.
- Turcios, M. 2001. Vulnerabilidad a desastres naturales en la cuenca Jones, Guatemala, en función de variables socioeconómicas, biofísicas, vulnerabilidad e institucionales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 105 p.
- U.S. Water Resources Council 1982. Guidelines for determining flood flow frequency. Reston, VA, U.S. Geological Survey.
- Villegas, V. 2002. Manual en Castellano de Hec-GeoRas 3.0. Consultado el 10 de junio del 2002. Disponible en <http://home3.worldonline.es/juanmavi/sig.htm>
- Wilches-Chaux, G. 1988. La vulnerabilidad global. In Los desastres no son naturales. Comp. A. Maskrey. Colombia, La Red. p. 9-47.
- _____. 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo. Quito, EC, ITDG / La Red. 153 p.

7. ANEXOS

Anexo 1. Mapa de modelo de elevación digital

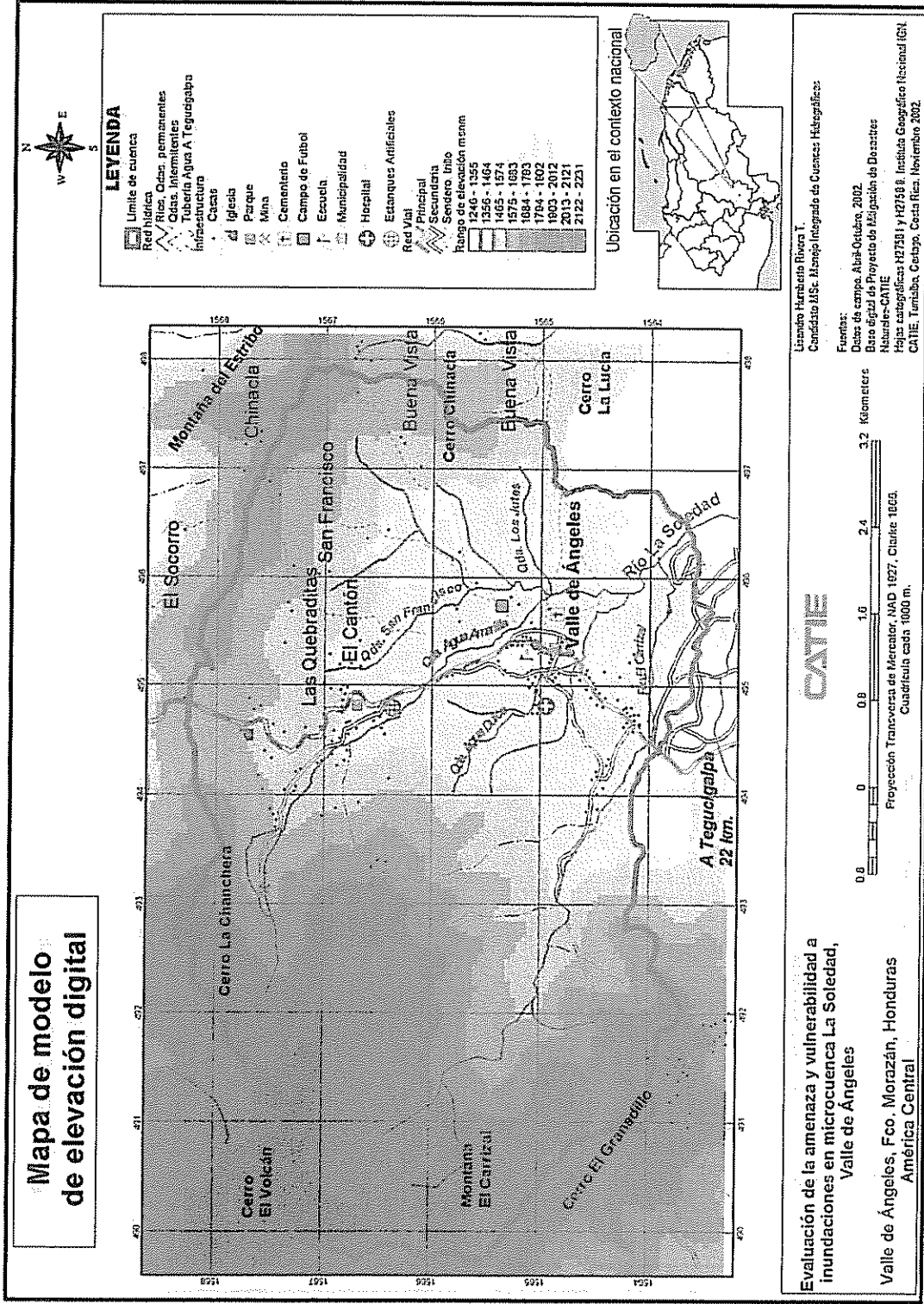


Figura a1. Mapa de modelo de elevación digital de la Microcuenca La Soledad
Fuente: PMDN-CATIE, 2002

Anexo 2. Mapa de cobertura vegetal

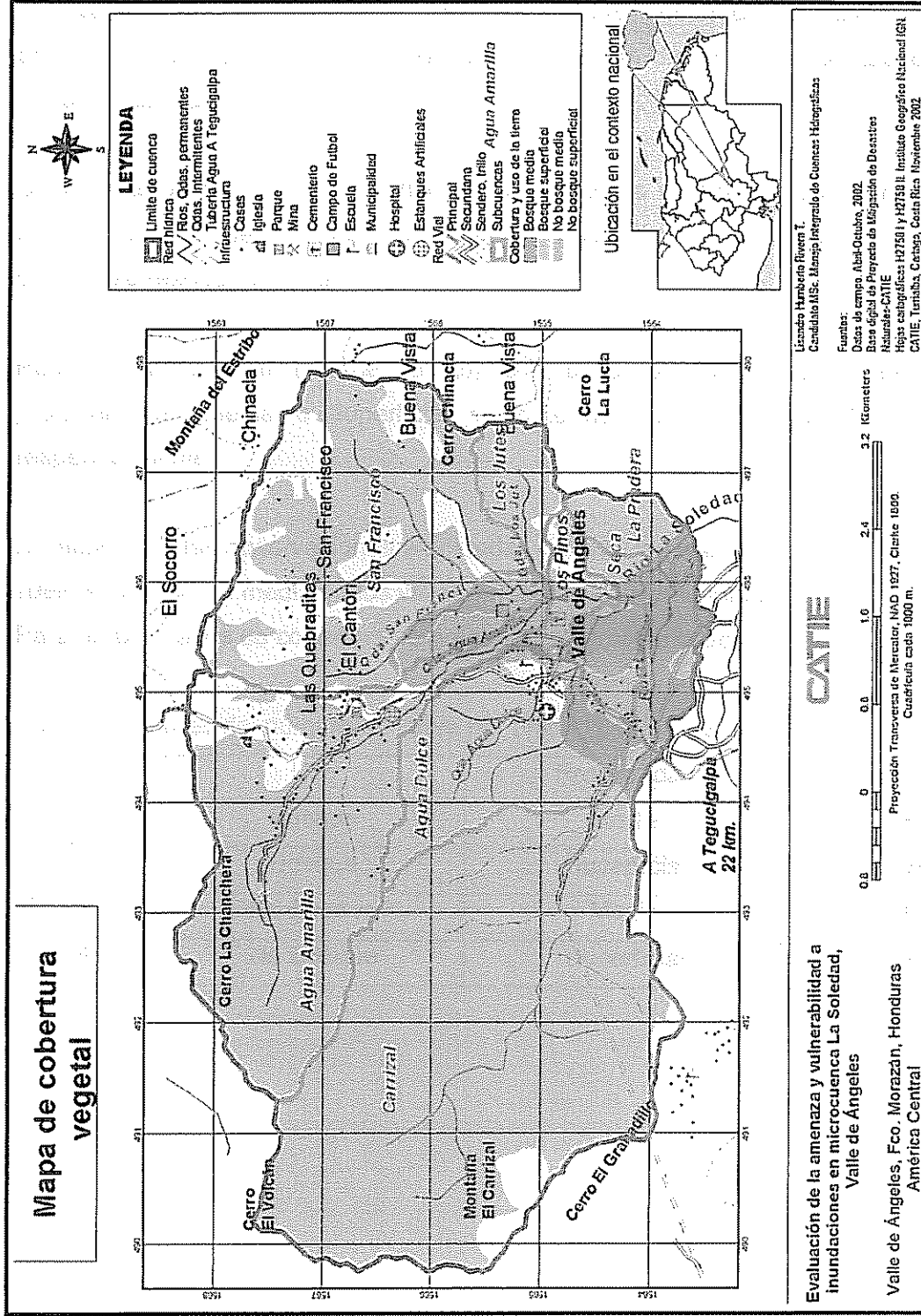


Figura a2. Mapa de cobertura vegetal de la Microcuenca La Soledad
Fuente: PMDN-CATIE, 2002

Anexo 3. Número de curva

Los valores de CN, para cada subcuenca, fueron obtenidos a través de un promedio ponderado, en que el peso es asignado en función del área y cobertura de las unidades hidrológicas (suelo-vegetación).

De acuerdo Anexo 4, para las tierras con cobertura de bosque con condición hidrológica buena (cubierta buena) y profundidad media o superficial se determinaron valores de CN(II) de 55 y 70 respectivamente.

Para las tierras sin bosque (pasto) con condición hidrológica media (aceptable) y profundidades media o superficial se determinaron valores de CN(II) de 69 y 79 respectivamente.

De acuerdo a las observaciones efectuadas durante las visitas de campo, la profundidad del suelo se considera media en los valles y superficial en las laderas.

Para ambos casos de cobertura se presenta el siguiente cuadro.

Anexo 4. Valores del número de curva por unidad de uso y suelo

ID	Uso	Profundidad	Valor CN(II)
1	Bosque	Media	55
2	Bosque	Superficial	70
3	No Bosque	Media	69
4	No Bosque	Superficial	79

Anexo 5. Unidades de cobertura y número de curva por subcuenca

CUENCA	ID	USO	PROF. SUELO	USO Y PROF. SUELO	CN(II)	CN(III)	AREA (Km ²)	CNIII*AREA
San Francisco	1	Bosque	Media	Bosque - media	55.00	73.76	0.20	14.75
San Francisco	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	3.85	324.52
San Francisco	3	No bosque	Media	No bosque - media	69.00	83.66	0.42	35.14
San Francisco	4	No bosque	Superficial	No bosque - superficial	79.00	89.64	1.69	151.49
Agua Amarilla	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	5.07	427.35
Agua Amarilla	3	No bosque	Media	No bosque - media	69.00	83.66	0.28	23.42
Agua Amarilla	4	No bosque	Superficial	No bosque - superficial	79.00	89.64	0.68	60.96
Los Jutes	1	Bosque	Media	Bosque - media	55.00	73.76	0.01	0.74
Los Jutes	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	0.69	58.16
Los Jutes	3	No bosque	Media	No bosque - media	69.00	83.66	0.01	0.84
Los Jutes	4	No bosque	Superficial	No bosque - superficial	79.00	89.64	0.04	3.59
Carrizal	1	Bosque	Media	Bosque - media	55.00	73.76	0.68	50.16
Carrizal	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	10.51	885.89
Carrizal	3	No bosque	Media	No bosque - media	69.00	83.66	0.20	16.73
Carrizal	4	No bosque	Superficial	No bosque - superficial	79.00	89.64	0.36	32.27
Agua Dulce	1	Bosque	Media	Bosque - media	55.00	73.76	0.65	47.94
Agua Dulce	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	2.10	177.01
Agua Dulce	3	No bosque	Media	No bosque - media	69.00	83.66	0.41	34.30
Agua Dulce	4	No bosque	Superficial	No bosque - superficial	79.00	89.64	0.13	11.65
La Pradera	1	Bosque	Media	Bosque - media	55.00	73.76	0.08	5.90
La Pradera	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	0.46	38.77
La Pradera	4	No bosque	Superficial	No bosque - superficial	79.00	89.64	0.00	0.00
La Seca	1	Bosque	Media	Bosque - media	55.00	73.76	0.10	7.38
La Seca	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	0.14	11.80
La Seca	3	No bosque	Media	No bosque - media	69.00	83.66	0.00	0.00
Los Pinos	1	Bosque	Media	Bosque - media	55.00	73.76	0.01	0.74
Los Pinos	2	Bosque	Superficial	Bosque - superficial	70.00	84.29	0.11	9.27
Los Pinos	3	No bosque	Media	No bosque - media	69.00	83.66	0.24	20.08
Los Pinos	4	No bosque	Superficial	No bosque - superficial	79.00	89.64	0.11	9.86

Anexo 6. Tiempo de desfase

Con el procesamiento de los mapas de la Microcuenca La Soledad en el SIG, se obtuvo información respecto al drenaje principal: su área, longitud máxima, su desnivel; Número de curva y tiempo de desfase. En el Anexo 7 se presenta un resumen de estos resultados.

Anexo 7. Resumen de resultados de CN y Tlag

Subcuenca	Área (km ²)	Long.max.río (m)	Alt.max (m)	Alt.min (m)	Dif.de alt. (m)	CN(III) Media	Tiempo desfase (hr)
San Francisco	6,16	3930	1707	1284	423	85,37	0,27
Agua Amarilla	6,03	6130	2002	1284	718	84,86	0,36
Los Jutes	0,74	1840	1529	1284	245	85,58	0,14
Carrizal	11,74	8420	2200	1234	966	83,91	0,47
Agua Dulce	3,29	4080	1834	1252	582	82,34	0,25
La Pradera	0,54	1420	1475	1224	251	82,72	0,10
La Seca	0,24	980	1386	1234	152	79,92	0,08
Los Pinos	0,48	1480	1423	1252	171	83,23	0,12

Se observa que la topografía es accidentada, con tiempos de desfase cortos y números de curva relativamente altos, condiciones que se asocian para provocar inundaciones severas en los valles, con alto poder erosivo y muy corto tiempo para tomar medidas de prevención.

Anexo 8. Hietograma de llluvias

Una vez obtenida la tormenta de diseño (periodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años), se determinó el hietograma de llluvias para un evento de 27 horas de duración, a intervalos de 10 minutos, durante 30 y 31 de octubre de 1998, durante el huracán Mitch. En el Cuadro 1 se muestra el hietograma de llluvias de la estación Tegucigalpa.

En Anexo 9 se representa ilustrativamente el hietograma de llluvias de las subcuencas

Anexo 9. Representación gráfica de hietograma

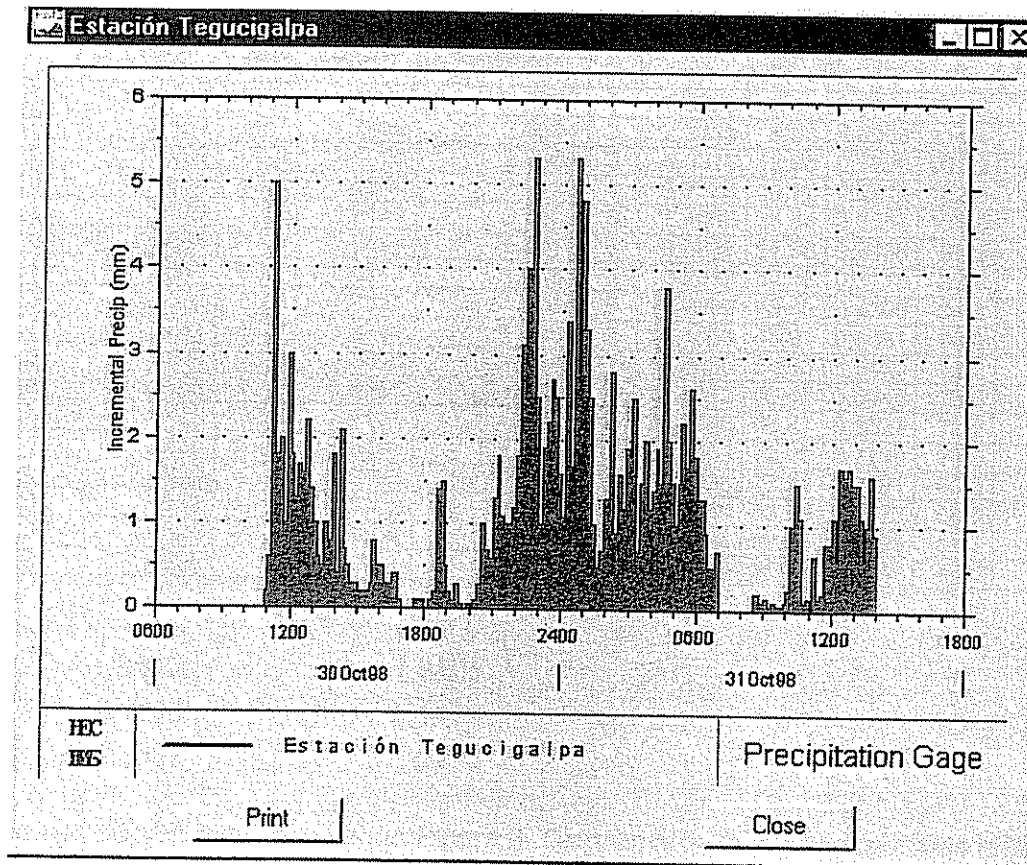


Figura a9. Representación gráfica del hietograma de estación Tegucigalpa

Anexo 10. Análisis estadístico de la precipitación de la estación Santa Lucía

El análisis estadístico se realizó usando la distribución de Log Pearson III. Mediante hoja electrónica de excel, se dio entrada a los datos de precipitaciones máximas anuales y se obtuvieron precipitaciones máximas para períodos de retorno de 2, 10, 20, 25, 50, 100, 200, 500 y 1000 años.

A continuación se presenta el análisis estadístico de distribución Log Pearson III. Se obtuvo la media, desviación estándar, coeficiente de sesgo y se concluye sobre los valores salidos, se graficaron los valores históricos y la curva de frecuencia teórica.

Anexo 11. Distribución de Log Pearson III. Estación Santa Lucía

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	X	$y = \text{Log}X$	Xa	$\text{Log}Xa$	$\text{Log}Xa.\text{ord}$	E	m	PP	PE	X	$T, \text{Weibull}$
1985	68,2	1,8338	68,2	1,8338	2,4079	1	1,0000	3,45	0,0345	255,8	29,00
1986	55,7	1,7459	55,7	1,7459	2,0584	2	2,3438	8,08	0,0808	114,4	12,37
1987	100,0	2,0000	100,0	2,0000	2,0306	3	4,0313	13,90	0,1390	107,3	7,19
1988	96,9	1,9863	96,9	1,9863	2,0120	4	5,7188	19,72	0,1972	102,8	5,07
1989	82,2	1,9149	82,2	1,9149	2,0000	5	7,4063	25,54	0,2554	100,0	3,92
1990	114,4	2,0584	114,4	2,0584	1,9917	6	9,0938	31,36	0,3136	98,1	3,19
1991	98,1	1,9917	98,1	1,9917	1,9863	7	10,7813	37,18	0,3718	96,9	2,69
1992	68,0	1,8325	68,0	1,8325	1,9741	8	12,4688	43,00	0,4300	94,2	2,33
1993	94,2	1,9741	94,2	1,9741	1,9499	9	14,1563	48,81	0,4881	89,1	2,05
1994	70,8	1,8500	70,8	1,8500	1,9149	10	15,8438	54,63	0,5463	82,2	1,83
1995	72,2	1,8585	72,2	1,8585	1,8808	11	17,5313	60,45	0,6045	76,0	1,65
1996	102,8	2,0120	102,8	2,0120	1,8585	12	19,2188	66,27	0,6627	72,2	1,51
1997	89,1	1,9499	89,1	1,9499	1,8500	13	20,9063	72,09	0,7209	70,8	1,39
1998	255,8	2,4079	45,0	1,6532	1,8338	14	22,5938	77,91	0,7791	68,2	1,28
1999	45,0	1,6532	107,3	2,0306	1,8325	15	24,2813	83,73	0,8373	68,0	1,19
2000	107,3	2,0306	76,0	1,8808	1,7459	16	25,9688	89,55	0,8955	55,7	1,12
2001	76,0	1,8808			1,6532	17	27,6563	95,37	0,9537	45,0	1,05

$n = 17$	$n = 16$
Media (\bar{X}) = 1,9400	1,9108
D. Est. (S) = 0,1616	0,1111
Sesgo (G) = 1,1897	-0,8309

Chequeo por valores extremos según Figura 3. Diagrama de flujo para caudales históricos y ajuste de valores salidos:

Si coeficiente de sesgo $G > 0,4$ se hace primero prueba para valores extremos altos

Si coeficiente de sesgo $G < -0,4$ se hace primero prueba para valores extremos bajos

Si coeficiente de sesgo $-0,4 < G < 0,4$ se hace prueba para valores extremos altos y bajos.

Valores extremos máximos:

Fórmula de Chow, Kn se determina de Anexo 17

Para $n = 17$ $Kn = 2,309$

$$XH = \bar{X} + Kn * S = 2,3131 \quad (A11.1)$$

$$PH = 10^{XH} = 206 \text{ mm}$$

En 1998, un valor excede este límite (206 mm) y es de 255,8 mm, como se aprecia en Anexo 11. Por investigaciones se sabe que sí es un valor cierto (Mitch), por lo cual en primera instancia se elimina, para hacer el ajuste por valores altos, y posteriormente con los valores corregidos, hacer el chequeo por valores bajos.

Corrección de valor extremo real:

Para esta corrección se dispone de 16 datos.

Hace 28 años (1974-2001 incluidos) se presentó de manera devastadora el Huracán "FIFI", razón por la cual se determina que el período de registros históricos (H) es de 28 años.

Sólo un evento es extremo máximo en los 28 años, entonces $Z=1$; no hay extremos mínimos, entonces $L=0$.

Entonces calculamos un factor de peso W:

$$H = 28 \qquad L = 0 \qquad Z = 1$$

$$W = \frac{H - Z}{N + L} \qquad W = 1,6875 \qquad (A11.2)$$

Cálculo de valores ajustados: se calcula valores ajustados para la media, desviación estándar y sesgo

Media:

$$\begin{aligned} \bar{M} &= \frac{WNM + \sum X_z}{H - WL} & \text{Log}X_z &= 2,4079 & (A11.3) \\ &= 1,9285 & WNM &= 51,5912 \\ & & \sum \text{Log}X_z &= 2,4079 \end{aligned}$$

Desviación estándar:

$$\bar{S}^2 = \frac{W(N-1)S^2 + WN(M - \bar{M})^2 + \sum (X_z - \bar{M})^2}{H - WL - 1} \qquad (A11.4)$$

$$\bar{S}^2 = 0,0204$$

$$W(N-1)S^2 = 0,3123$$

$$WN(M - \bar{M})^2 = 0,0085$$

$$\bar{S} = 0,1428$$

$$\sum (X_z - \bar{M})^2 = 0,2298$$

Sesgo:

$$\tilde{G} = \frac{H-WL}{(H-WL-1)(H-WL-2)\bar{S}^3} \left[\frac{W(N-1)(N-2)S^3 G}{N} + 3W(N-1)(M-\bar{M})S^2 + WN(M-\bar{M})^3 + \sum (X_z - \bar{M})^3 \right] \quad (A11.5)$$

$$H - WL = 28,0$$

$$(H - WL - 1)(H - WL - 2)\bar{S}^3 = 2,04$$

$$W(N - 1)(N - 2)S^3 G = -0,4035$$

$$3W(N - 1)(M - \bar{M})S^2 = -0,0166$$

$$WN(M - \bar{M})^3 = -0,0002$$

$$\sum (\text{Log} X_z - \bar{M})^3 = 0,1102$$

$$\tilde{G} = 0,9333$$

Se verifica si hay valores extremos mínimos

$$\text{Para } n = 16 \quad Kn = 2,279$$

$$XL = \bar{X} - Kn * S = 1,6031 \quad (A11.6)$$

$$PL = 10^{-XL} = 40 \text{ mm}$$

No hay valores más bajos que éste, entonces se recalcula eliminando el valor más alto

Se calcula la posición ajustada de los datos históricos para plotearlos, ver columnas 5 (columna 4 ordenada), 6 y 7:

Se copia la columna 2 en la 5 y ordenamos de mayor a menor, se aprecia que queda incluido nuevamente el valor extremo máximo. El rango en la columna 7 ya no es de 1 a n, sino que el primer evento siempre es uno, los restantes se calculan. Para el evento máximo $\bar{m} = 1$, para los siguientes eventos se calcula mediante siguiente ecuación:

$$\text{Rango}(\bar{m}) = WE - (W - 1)(Z + 0,5) \quad (A11.7)$$

Distribución de Weibull

La posición de ploteo ajustada ($\bar{P}\bar{P}$) para la distribución Weibull es (columna 8):

$$\bar{P}P = \frac{\bar{m}}{H+1}(100) \quad (A11.8)$$

Probabilidad de excedencia (columna 9)

$$PE = \frac{PP}{100} \quad (A11.9)$$

Precipitación histórica ordenada en orden descendente (columna 10)

Período de retorno de Weibull (columna 11)

Para obtener el período de retorno de Weibull se obtiene el inverso de la columna 9.

Gráfica de valores históricos

En el eje "x" se representan los valores de T Weibull en años (columna 11) y en eje "y" las precipitaciones en mm (columna 10)

Cálculo de bandas de confianza para un 90% (entre 5-95%)

Los límites se especifican con las siguientes fórmulas:

$$U_{p,c}(X) = \bar{X} + S(K_{p,c}^U) \quad (A11.10)$$

$$L_{p,c}(X) = \bar{X} - S(K_{p,c}^L) \quad (A11.11)$$

$$K_{p,c}^U = \frac{K_{G_w,p} + \sqrt{K_{G_w,p}^2 - ab}}{a} \quad (A11.12)$$

$$K_{p,c}^L = \frac{K_{G_w,p} - \sqrt{K_{G_w,p}^2 - ab}}{a} \quad (A11.13)$$

$$a = 1 - \frac{z_c^2}{2(N-1)} \quad (A11.14)$$

$$b = K_{G_w,p}^2 - \frac{z_c^2}{N} \quad (A11.15)$$

z_c Se encuentra entrando al Anexo 19 con un coeficiente de sesgo de cero y una probabilidad de excedencia de 0,05 (5% hacia arriba y 5% hacia abajo, se espera una confiabilidad del 90%).

$$z_c = 1,64485 \quad z_c^2 = 2,7055$$

$$a = 0.9098$$

$$G_{inf.} = 0,9 \quad \tilde{G} = 0,9333 \quad G_{sup.} = 1,0$$

Los valores correspondientes al $G_{inf.}$ y $G_{sup.}$ se obtienen de Anexo 19, ambos valores son el límite del sesgo.

Anexo 12. Cálculo de bandas de confianza

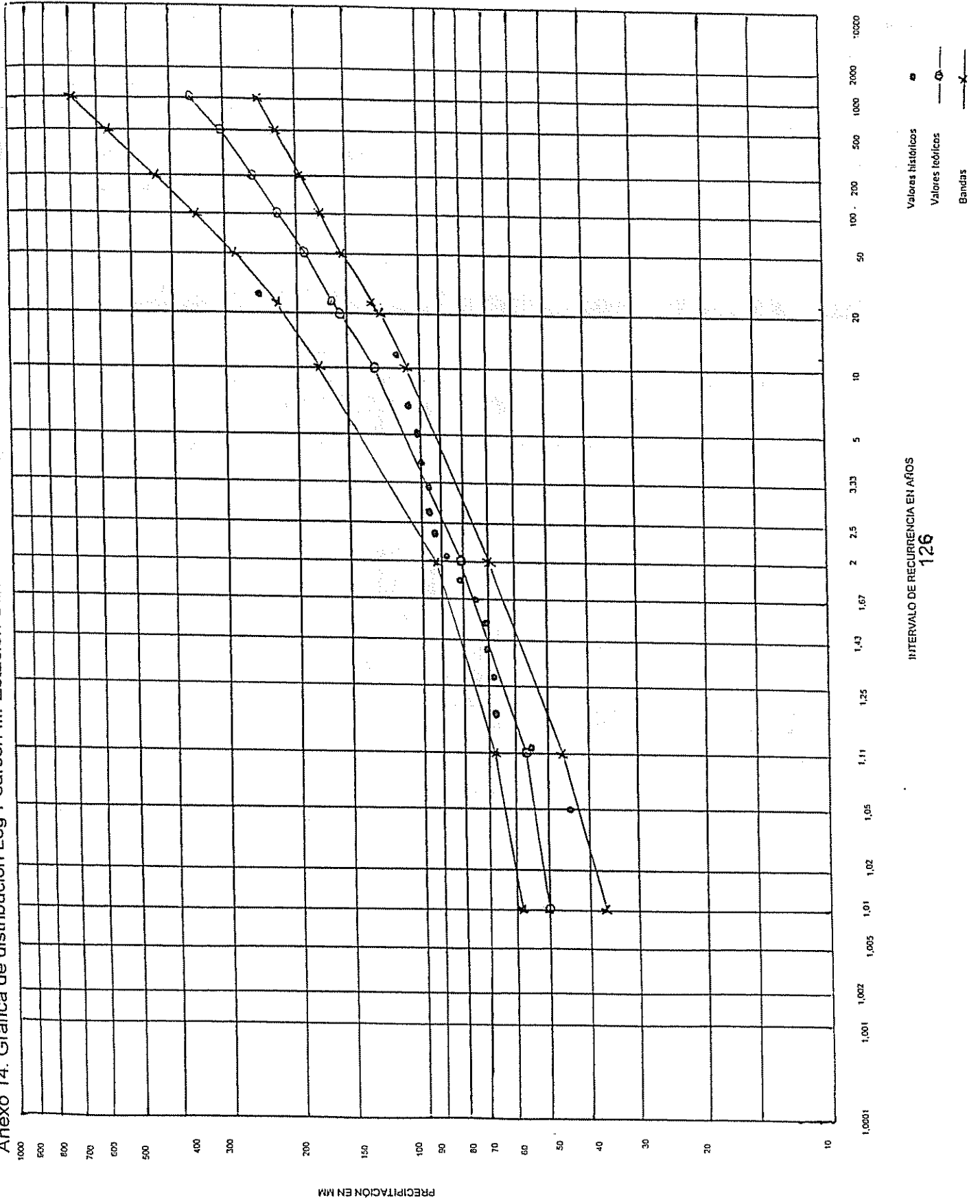
P	T	$G_{inf.}$	$G_{sup.}$	$K_{G_{inf.}, P}$	$K_{G_{sup.}, P}^2$	b	$K_{P, C}^U$	Log P. (U_P)	P.s mm	$K_{P, C}^L$	Log P. (L_P)	P.i mm
0,99	1,010	-1,66001	-1,58838	-1,6362	2,6770	2,5079	-1,1073	1,7704	59	-2,4894	1,5730	37
0,9	1,111	-1,14712	-1,12762	-1,1406	1,3010	1,1319	-0,6813	1,8312	68	-1,8261	1,6678	47
0,5	2	-0,14807	-0,16397	-0,1534	0,0235	-0,1456	0,2655	1,9665	93	-0,6026	1,8425	70
0,1	10	1,33889	1,34039	1,3394	1,7940	1,6249	2,0897	2,2269	169	0,8547	2,0506	112
0,05	20	1,85856	1,87683	1,8646	3,4769	3,3078	2,8009	2,3285	213	1,2980	2,1139	130
0,04	25	2,01848	2,04269	2,0265	4,1069	3,9378	3,0232	2,3603	229	1,4316	2,1330	136
0,02	50	2,49811	2,54206	2,5127	6,3139	6,1448	3,6966	2,4564	286	1,8271	2,1895	155
0,01	100	2,95735	3,02256	2,9791	8,8748	8,7057	4,3480	2,5495	354	2,2007	2,2428	175
0,005	200	3,40109	3,48874	3,4303	11,7668	11,5977	4,9818	2,6400	436	2,5588	2,2939	197
0,002	500	3,96932	4,08802	4,0088	16,0709	15,9018	5,7979	2,7565	571	3,0145	2,3590	229
0,001	1000	4,38807	4,53112	4,4357	19,6755	19,5064	6,4017	2,8427	696	3,3491	2,4068	255

$$G_{inf.} = 0,9 \quad \tilde{G} = 0,9333 \quad G_{sup.} = 1,0$$

Anexo 13. Cálculo de curva de frecuencia teórica

P	T	$G_{inf.}$	$G_{sup.}$	$K_{G_{inf.}, P}$	Log P.	Pre c.(mm)
0,99	1,01010101	-1,66001	-1,58838	-1,6362	1,6949	50
0,9	1,11111111	-1,14712	-1,12762	-1,1406	1,7657	58
0,5	2	-0,14807	-0,16397	-0,1534	1,9066	81
0,1	10	1,33889	1,34039	1,3394	2,1198	132
0,05	20	1,85856	1,87683	1,8646	2,1948	157
0,04	25	2,01848	2,04269	2,0265	2,2179	165
0,02	50	2,49811	2,54206	2,5127	2,2874	194
0,01	100	2,95735	3,02256	2,9791	2,3540	226
0,005	200	3,40109	3,48874	3,4303	2,4184	262
0,002	500	3,96932	4,08802	4,0088	2,5010	317
0,001	1000	4,38807	4,53112	4,4357	2,5620	365

Anexo 14. Gráfica de distribución Log-Pearson III. Estación Santa Lucía



INTERVALO DE RECURRENCIA EN AÑOS
126

Valores históricos ●
Valores teóricos ○
Bandas ×

Anexo 15. Hidrograma de las subcuencas

Una vez que se realiza la modelación hidrológica se obtienen los caudales máximos a la salida de cada subcuenca para diferentes periodos de retorno. Estos valores se utilizan como datos de entrada del modelo hidráulico HEC-RAS. Como ilustración se muestra en el Anexo 16 el Hidrograma de la Subcuenca Agua Amarilla para un periodo de retorno de 2 años. En la parte superior de la figura se puede observar el hietograma con las láminas de pérdidas y escurrimiento.

Anexo 16. Hidrograma de Subcuenca Agua Amarilla

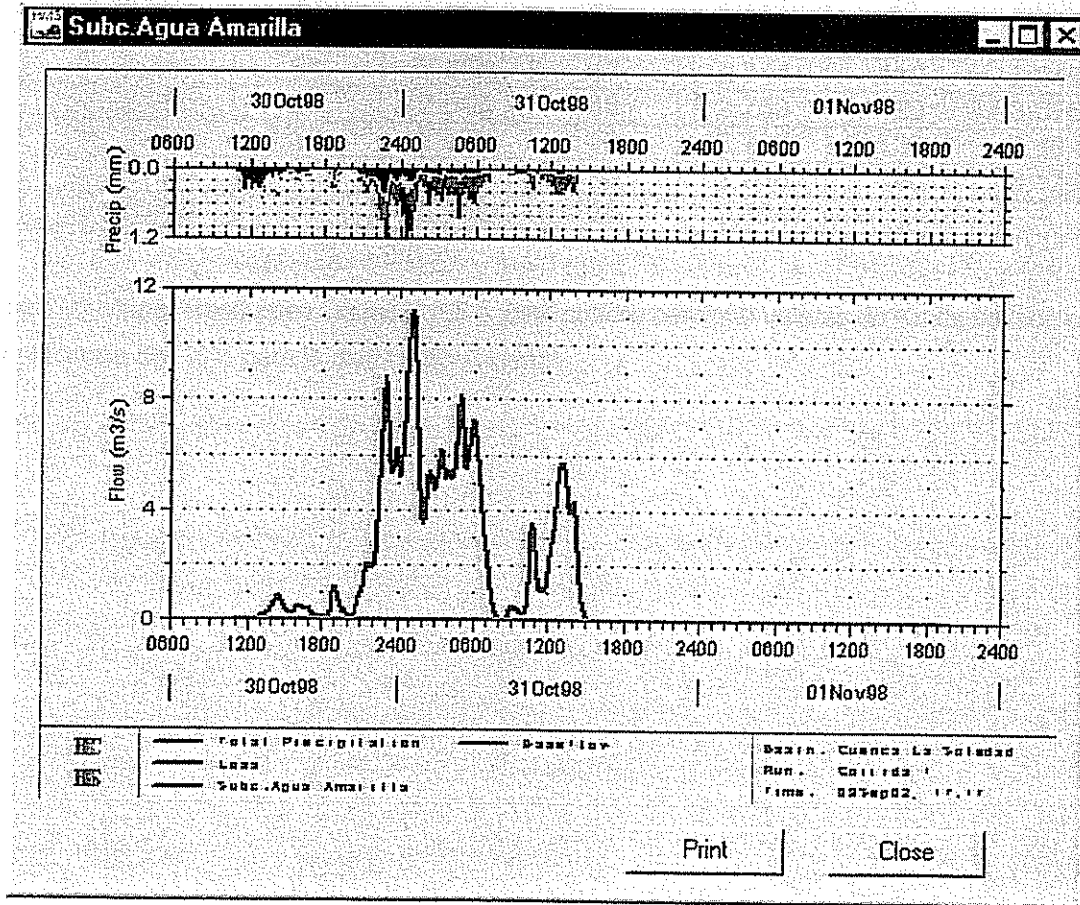


Figura a 16. Hidrograma de Subcuenca Agua Amarilla

Anexo 17. Valores de K_n para la prueba de valores salidos

Tamaño muestra n	K_n	Tamaño muestra n	K_n	Tamaño muestra n	K_n	Tamaño muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U.S. Water Resources Council, 1981. Este cuadro contiene valores de K_n de un lado con nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Anexo 18. Número de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, I=0,2S)

Descripción del uso de la tierra	Grupo hidrológico del suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : Sin tratamientos de conservación Con tratamientos de conservación	72 62	81 71	88 78	91 81
Pastizales : Condiciones pobres Condiciones óptimas	68 39	79 61	86 74	89 80
Vegas de ríos : Condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques : Troncos delgados, Cubierta pobre, sin hierbas, Cubierta buena ²	45 25	66 55	77 70	83 77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc. óptimas condiciones : Cubierta de pastos en el 75% o más. condiciones aceptables : Cubierta de pastos en el 50 al 75%	39 49	61 69	74 79	80 84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distintos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acres o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras :				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁷	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Fuente: Chow *et al.*

¹ Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9.

² Una buena cubierta está protegida del pastizaje, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.

³ Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

⁴ Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

⁵ En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

Anexo 19. Valores de $K_{G,T,P}$ para calcular el sesgo según período de retorno

P	T	G	
		0,9	1,0
0,99	1,0101	-1,66001	-1,58838
0,90	1,1111	-1,14712	-1,12762
0,50	2,0000	-0,14807	-0,16397
0,10	10	1,33889	1,34039
0,05	20	1,85856	1,87683
0,04	25	2,01848	2,04269
0,02	50	2,49811	2,54206
0,01	100	2,95735	3,02256
0,005	200	3,40109	3,48874
0,002	500	3,96932	4,08802
0,001	1000	4,38807	4,53112
0,05		$G = 0; z_c = 1,64485$	

Fuente: Interagency advisory committee on water data, 1982.

Anexo 20. Valores de 'n' de Manning

Tipo de Cauce y Descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Corrientes naturales			
1. Cauces principales	0	0.030	0.033
a. Limpio, recto, lleno, ninguna hendidura o posas profundas		0.035	0.040
b. Igual como el anterior, pero más piedras y hierbas		0.040	0.045
c. Limpio y sinuoso, algunas posas y bajíos		0.045	0.050
d. Igual como el anterior, pero algunas hierbas y piedras		0.048	0.055
e. Igual a las fases anteriores, más bajas, pendientes secciones más inefectivas		0.050	0.060
f. Igual al inciso "d" pero más piedras		0.070	0.080
g. Tramo sinuoso, enmalezado. Posas profundas		0.100	0.150
h. Los tramos muy enmalezados, posas profundas, o inundaciones con ramas y madera en pie pesada			
2. Planicies de inundación			
a. No pasto y ningún arbusto			0.035
1) Césped corto		0.030	0.050
2) Césped alto	0.025	0.035	
b. Áreas cultivada	0.030		0.040
1) Ninguna cosecha		0.030	0.045
2) Cosechas maduras en fila	0.020	0.035	0.050
3) Cosechas maduras del campo	0.025	0.040	
c. Arbusto	0.030		0.070
1) Arbusto esparcido, hierbas pesadas,		0.050	0.060
2) Arbusto ligero y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.080
3) Arbusto ligero y árboles, en verano	0.035	0.060	0.110
4) Arbusto Medio denso, en invierno,	0.040	0.070	0.160
5) Arbusto Medio denso, en verano	0.045	0.100	
d. Árboles	0.070		0.050
1) Tierra sin bosque con tocones de árbol, ningún brote,	0.030	0.040	0.080
2) Mismo como el anterior, pero los brotes pesados	0.050	0.060	0.120
3) Madera pesada en pie, algunos árboles abajo, la maleza pequeña, flujo debajo de las ramas	0.080		0.160
4) Mismo como anterior, pero ramas dentro del flujo	0.100	0.120	
5) Sauces densos, rectos, en verano,	0.110	0.150	0.200
3. Ríos de montaña, ninguna vegetación en el cauce y bancos normalmente empinados, con árboles y arbustos sumergidos en bancos	0.030	0.040	0.050
a. Fondo: las arenas gruesas, guijarros, y pocos cantos rodados	0.040	0.050	0.070
b. Fondo: los guijarros con cantos rodados grandes			

Fuente: HEC-RAS. 2001. Tabla 3,1, Cap. 3-13

En el Anexo 21 se muestra una sección transversal típica, de la Quebrada Agua Amarilla, en la que se muestra el nivel alcanzado por el agua para diferentes períodos de retorno. Se puede observar el nivel del fondo del río, los bancos (puntos rojos), los coeficientes de Manning, la estación de bloqueo en la margen derecha (triángulo verde), las elevaciones y la longitud de la sección transversal en m. Se muestra el nivel del agua para cada período de retorno (líneas azules), con las leyendas correspondientes en el lado derecho.

Anexo 21. Sección transversal típica de la Quebrada Agua Amarilla y sus períodos de retorno

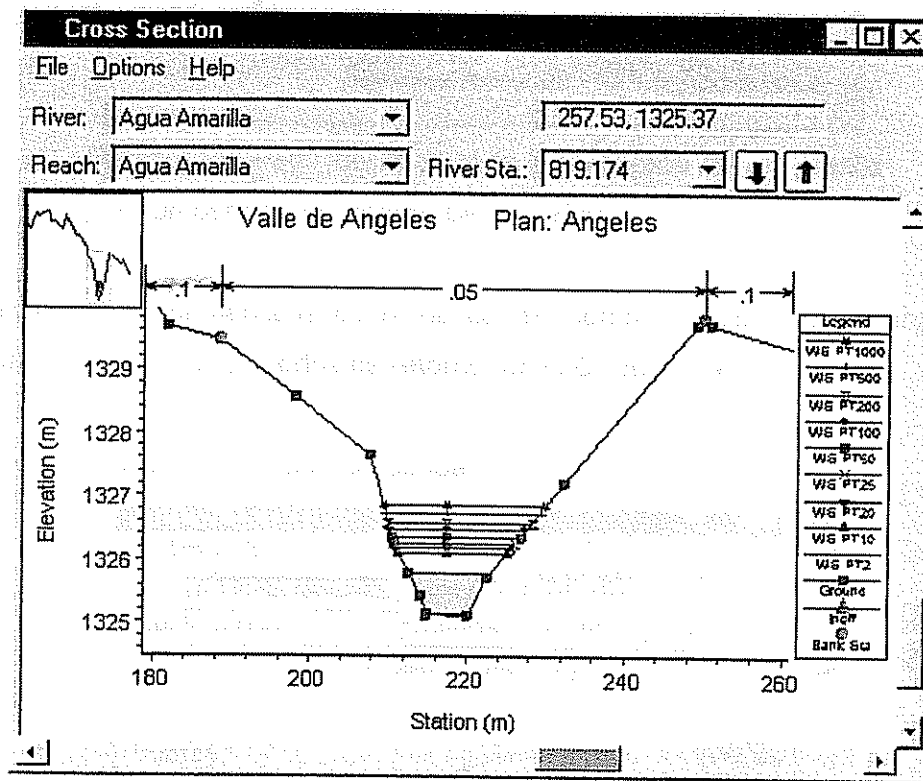


Figura a 21. Sección transversal típica de la Quebrada Agua Amarilla y sus períodos de retorno

En Anexo 22 se presenta el perfil longitudinal de la Quebrada Agua Amarilla, para un período de retorno de 100 años. Se puede leer la elevación en el eje de las ordenadas y la distancia en el eje de las abscisas. Cada punto corresponde a una estación.

Anexo 22. Perfil longitudinal de la Quebrada Agua Amarilla

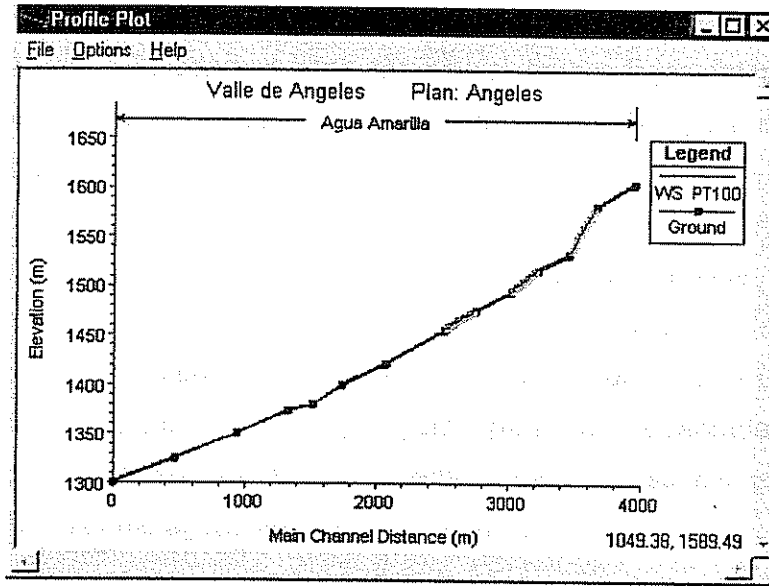


Figura a 22. Perfil longitudinal de la Quebrada Agua Amarilla para un período de retorno de 100 años

En el Anexo 23 se presenta la curva de caudal contra elevación, para una estación dada, para los diferentes períodos de retorno, en la Quebrada Agua Amarilla.

Anexo 23. Perfil del caudal versus elevación del agua

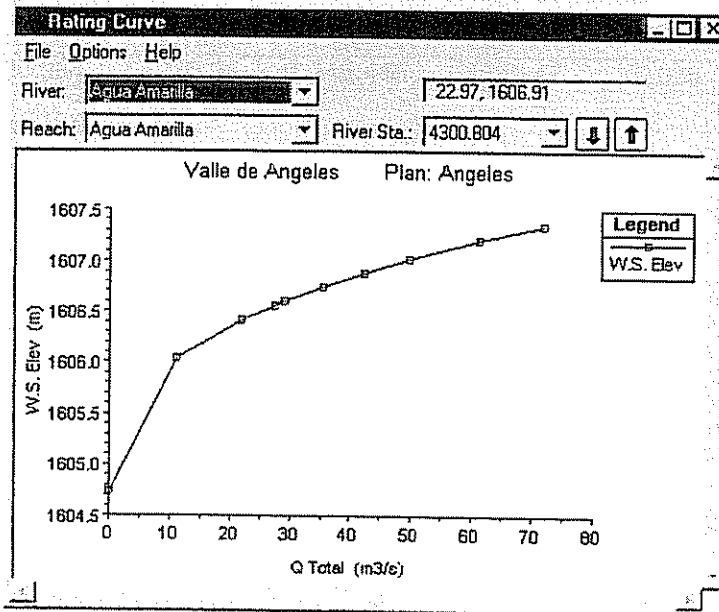


Figura a 23. Perfil del caudal versus elevación del agua

En los Anexos 24 y 25 se presentan las pendientes para flujo supercrítico y subcrítico respectivamente, los cuales se determinaron con base a las diferencias de pendientes que presenta el Río La Soledad en zona alta y baja. Ambos flujos determinaron un flujo mixto. Estas pendientes se introducen en el modelo hidráulico para el cálculo de las condiciones iniciales.

El flujo subcrítico presenta Números de Froude <1 , se usó para el valle.

El flujo supercrítico presenta Números de Froude >1 , se usó para ríos de montaña.

El flujo mixto, consideró ambos flujos y en este caso se calcularon seis pendientes. Para flujo supercrítico se calculó sólo una pendiente para cada quebrada en el extremo aguas arriba de cada afluente del Río La Soledad y para flujo subcrítico se calculó sólo una pendiente en extremo aguas abajo del río, en unión "D".

Anexo 24. Cálculo de pendientes para determinar el flujo supercrítico

Quebrada	Estación 1	Elevación 1	Estación 2	Elevación 2	Pendiente (S)
Agua Amarilla	4300,804	1604,74	4010,494	1581,56	0,0798
San Francisco	2489,865	1417,69	2152,743	1376,15	0,1232
Los Jutes	1310,760	1394,70	833,468	1312,96	0,1713
El Carrizal	3945,752	1436,76	3484,129	1397,21	0,0857
Agua Dulce	2830,035	1432,83	2584,351	1386,97	0,1867

Anexo 25. Cálculo de pendiente para determinar el flujo subcrítico

Tramo de Río	Estación 1	Elevación 1	Estación 2	Elevación 2	Pendiente (S)
La Soledad 3	180,984	1226,34	340,445	1230,47	0,026

Anexo 26. Salidas de modelación hidráulica del Río La Soledad

HEC-RAS Plan 2

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT2	0.96	1275.61	1275.74	0.051721	1.02	0.95	8.92	1.00
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT10	1.94	1275.61	1275.80	0.047603	1.26	1.54	9.87	1.02
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT20	2.42	1275.61	1275.83	0.048149	1.36	1.78	10.24	1.04
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT25	2.58	1275.61	1275.84	0.045449	1.36	1.89	10.40	1.02
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT50	3.15	1275.61	1275.79	0.157916	2.21	1.43	9.70	1.84
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT100	3.85	1275.61	1275.90	0.040184	1.49	2.59	11.37	0.99
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT200	4.63	1275.61	1275.94	0.037758	1.54	3.01	11.93	0.98
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT500	5.83	1275.61	1275.97	0.039324	1.68	3.48	12.53	1.02
Río de Soledad	Río de Soledad1	1632.480	PT1000	6.87	1275.61	1276.02	0.035663	1.70	4.04	13.21	0.98
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT2	0.96	1254.77	1255.29	0.021514	1.15	0.84	3.21	0.72
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT10	1.94	1254.77	1255.45	0.024149	1.32	1.47	5.09	0.78
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT20	2.42	1254.77	1255.50	0.025023	1.39	1.74	5.74	0.81
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT25	2.58	1254.77	1255.51	0.025418	1.42	1.82	5.91	0.81
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT50	3.15	1254.77	1255.58	0.025203	1.47	2.15	6.59	0.82
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT100	3.85	1254.77	1255.49	0.065608	2.24	1.72	5.67	1.30
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT200	4.63	1254.77	1255.53	0.070878	2.40	1.93	6.15	1.36
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT500	5.83	1254.77	1255.60	0.067004	2.45	2.38	7.02	1.35
Río de Soledad	Río de Soledad1	1231.968	PT1000	6.87	1254.77	1255.62	0.078296	2.67	2.57	7.37	1.45
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT2	0.96	1247.73	1247.90	0.042048	0.63	1.53	25.59	0.82
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT10	1.94	1247.73	1247.93	0.042588	0.82	2.36	26.46	0.88
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT20	2.42	1247.73	1247.95	0.042555	0.90	2.70	26.67	0.90
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT25	2.58	1247.73	1247.95	0.044476	0.93	2.77	26.72	0.92
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT50	3.15	1247.73	1247.96	0.043036	0.99	3.17	26.96	0.93
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT100	3.85	1247.73	1247.98	0.043149	1.07	3.58	27.22	0.95
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT200	4.63	1247.73	1247.99	0.043112	1.15	4.02	27.48	0.96
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT500	5.83	1247.73	1248.02	0.042991	1.26	4.65	27.88	0.98
Río de Soledad	Río de Soledad1	1017.149	PT1000	6.87	1247.73	1248.03	0.044370	1.35	5.10	28.13	1.01
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT2	0.44	1242.47	1242.58	4.233482	5.65	0.07	1.37	8.01
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT10	0.94	1242.47	1242.61	6.025886	8.10	0.12	1.72	9.92
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT20	1.21	1242.47	1242.63	4.127830	7.48	0.16	2.02	8.44
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT25	1.29	1242.47	1242.63	4.297382	7.72	0.17	2.06	8.63
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT50	1.60	1242.47	1242.65	3.704680	7.70	0.21	2.29	8.16
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT100	1.94	1242.47	1242.69	1.980053	6.39	0.30	2.77	6.16
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT200	2.34	1242.47	1242.75	0.888862	4.52	0.52	4.38	4.19
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT500	2.98	1242.47	1242.87	0.165160	2.33	1.28	8.22	1.89
Río de Soledad	Río de Soledad2	850.391	PT1000	3.53	1242.47	1243.06	0.017205	1.08	3.28	12.31	0.97
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT2	0.44	1237.36	1237.58	0.033000	0.82	0.53	4.93	0.80
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT10	0.94	1237.36	1237.65	0.029936	0.96	0.98	6.72	0.80
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT20	1.21	1237.36	1237.69	0.028958	1.00	1.21	7.56	0.80
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT25	1.29	1237.36	1237.69	0.028644	1.01	1.28	7.81	0.80
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT50	1.60	1237.36	1237.73	0.027688	1.05	1.53	8.63	0.79
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT100	1.94	1237.36	1237.76	0.026704	1.08	1.80	9.43	0.79
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT200	2.34	1237.36	1237.79	0.025784	1.11	2.10	10.25	0.78
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT500	2.98	1237.36	1237.83	0.024676	1.16	2.57	11.41	0.78
Río de Soledad	Río de Soledad2	563.659	PT1000	3.53	1237.36	1237.88	0.023911	1.19	2.96	12.30	0.78
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT2	1.07	1230.47	1230.63	13.003440	12.68	0.08	1.09	14.54
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT10	2.18	1230.47	1230.68	10.273780	13.87	0.16	1.49	13.61
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT20	2.74	1230.47	1230.71	8.693060	13.79	0.20	1.67	12.77
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT25	2.92	1230.47	1230.72	8.324541	13.79	0.21	1.72	12.56
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT50	3.63	1230.47	1230.75	7.078902	13.71	0.27	1.93	11.80
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT100	4.45	1230.47	1230.78	6.100533	13.63	0.33	2.14	11.15
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT200	5.36	1230.47	1230.81	5.326025	13.58	0.39	2.36	10.58
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT500	6.76	1230.47	1230.82	7.134748	16.05	0.42	2.43	12.32
Río de Soledad	Río de Soledad3	340.445	PT1000	7.97	1230.47	1230.88	4.078089	13.56	0.59	2.87	9.57
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT2	1.07	1226.34	1226.67	0.025998	1.07	1.00	5.12	0.78
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT10	2.18	1226.34	1226.78	0.026033	1.31	1.66	6.29	0.82
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT20	2.74	1226.34	1226.83	0.026019	1.40	1.96	6.75	0.83
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT25	2.92	1226.34	1226.84	0.026018	1.42	2.05	6.89	0.83
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT50	3.63	1226.34	1226.89	0.026015	1.51	2.41	7.39	0.84
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT100	4.45	1226.34	1226.94	0.026008	1.59	2.79	7.90	0.85
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT200	5.36	1226.34	1226.99	0.026013	1.67	3.20	8.41	0.87
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT500	6.76	1226.34	1227.06	0.026011	1.78	3.80	9.09	0.88
Río de Soledad	Río de Soledad3	180.984	PT1000	7.97	1226.34	1227.11	0.026008	1.86	4.29	9.62	0.89
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT2	5.81	1432.83	1433.45	0.187012	3.86	1.50	4.65	2.21
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT10	11.98	1432.83	1433.64	0.186703	4.63	2.59	6.36	2.32
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT20	15.06	1432.83	1433.72	0.186745	4.90	3.07	6.93	2.35
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT25	16.05	1432.83	1433.74	0.186689	4.98	3.22	7.10	2.36
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT50	19.62	1432.83	1433.81	0.186674	5.23	3.75	7.66	2.39
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT100	23.56	1432.83	1433.88	0.186756	5.48	4.30	8.20	2.42
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT200	27.96	1432.83	1433.95	0.186697	5.72	4.89	8.74	2.44

...continuación del Anexo 26

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # CH
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT500	35.01	1432.83	1434.05	0.186901	6.05	5.78	9.51	2.48
Agua Dulce	Agua Dulce	2830.035	PT1000	41.38	1432.83	1434.12	0.186849	6.33	6.53	10.02	2.50
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT2	5.81	1386.97	1388.02	0.180245	4.55	1.28	2.43	2.01
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT10	11.98	1386.97	1388.35	0.178416	5.44	2.20	3.19	2.09
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT20	15.06	1386.97	1388.48	0.177603	5.75	2.62	3.48	2.11
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT25	16.05	1386.97	1388.51	0.177410	5.84	2.75	3.56	2.12
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT50	19.62	1386.97	1388.68	0.178148	5.77	3.40	4.67	2.16
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT100	23.56	1386.97	1388.84	0.180076	5.44	4.33	6.95	2.20
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT200	27.96	1386.97	1388.95	0.180620	5.44	5.14	8.44	2.23
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT500	35.01	1386.97	1389.07	0.180940	5.56	6.30	10.21	2.26
Agua Dulce	Agua Dulce	2584.351	PT1000	41.38	1386.97	1389.16	0.181435	5.70	7.26	11.47	2.29
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT2	5.81	1362.75	1363.17	0.049237	1.98	2.93	16.68	1.15
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT10	11.98	1362.75	1363.34	0.050671	2.56	4.69	18.73	1.24
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT20	15.06	1362.75	1363.41	0.051214	2.76	5.45	19.57	1.27
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT25	16.05	1362.75	1363.43	0.051387	2.83	5.68	19.82	1.28
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT50	19.62	1362.75	1363.50	0.051334	3.01	6.51	20.69	1.30
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT100	23.56	1362.75	1363.57	0.050776	3.18	7.41	21.60	1.31
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT200	27.96	1362.75	1363.65	0.050690	3.35	8.34	22.50	1.32
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT500	35.01	1362.75	1363.78	0.050641	3.59	9.75	23.81	1.34
Agua Dulce	Agua Dulce	2284.809	PT1000	41.38	1362.75	1363.85	0.050592	3.78	10.96	24.89	1.36
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT2	5.81	1339.10	1339.74	0.166206	3.72	1.56	4.89	2.10
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT10	11.98	1339.10	1339.95	0.154533	4.34	2.76	6.09	2.12
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT20	15.06	1339.10	1340.03	0.150649	4.55	3.31	7.11	2.13
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT25	16.05	1339.10	1340.06	0.149610	4.61	3.48	7.29	2.13
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT50	19.62	1339.10	1340.13	0.148690	4.83	4.06	7.88	2.15
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT100	23.56	1339.10	1340.21	0.150684	5.02	4.69	8.72	2.18
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT200	27.96	1339.10	1340.28	0.150522	5.18	5.40	9.56	2.20
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT500	35.01	1339.10	1340.39	0.150013	5.41	6.47	10.72	2.22
Agua Dulce	Agua Dulce	2007.816	PT1000	41.38	1339.10	1340.47	0.149711	5.60	7.39	11.62	2.24
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT2	5.81	1303.33	1304.29	0.053404	2.58	2.25	4.68	1.19
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT10	11.98	1303.33	1304.58	0.055683	3.14	3.82	6.09	1.27
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT20	15.06	1303.33	1304.69	0.058542	3.34	4.50	6.81	1.29
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT25	16.05	1303.33	1304.72	0.056784	3.40	4.72	6.77	1.30
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT50	19.62	1303.33	1304.83	0.056889	3.58	5.48	7.29	1.32
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT100	23.56	1303.33	1304.94	0.056507	3.74	6.30	7.82	1.33
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT200	27.96	1303.33	1305.05	0.056495	3.90	7.17	8.34	1.34
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT500	35.01	1303.33	1305.20	0.056563	4.13	8.48	9.07	1.36
Agua Dulce	Agua Dulce	1597.577	PT1000	41.38	1303.33	1305.32	0.056573	4.31	9.61	9.66	1.38
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT2	5.81	1295.33	1296.25	0.035448	2.14	2.72	5.93	1.01
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT10	11.98	1295.33	1296.55	0.032684	2.49	4.82	7.90	1.02
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT20	15.06	1295.33	1296.66	0.032433	2.63	5.74	8.62	1.03
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT25	16.05	1295.33	1296.69	0.032348	2.66	6.02	8.83	1.03
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT50	19.62	1295.33	1296.80	0.032402	2.80	7.00	9.52	1.04
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT100	23.56	1295.33	1296.90	0.032758	2.95	7.99	10.17	1.06
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT200	27.96	1295.33	1297.00	0.032883	3.08	9.06	10.80	1.07
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT500	35.01	1295.33	1297.14	0.033038	3.31	10.58	11.35	1.09
Agua Dulce	Agua Dulce	1402.703	PT1000	41.38	1295.33	1297.25	0.033196	3.49	11.87	11.80	1.11
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT2	5.81	1282.35	1283.40	0.043516	2.57	2.26	4.00	1.09
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT10	11.98	1282.35	1283.81	0.046765	3.18	3.78	5.17	1.18
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT20	15.06	1282.35	1283.95	0.046785	3.35	4.49	5.63	1.20
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT25	16.05	1282.35	1283.98	0.046812	3.41	4.71	5.77	1.20
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT50	19.62	1282.35	1284.12	0.048345	3.57	5.50	6.23	1.21
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT100	23.56	1282.35	1284.25	0.045416	3.71	6.35	6.70	1.22
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT200	27.96	1282.35	1284.38	0.044862	3.85	7.26	7.16	1.22
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT500	35.01	1282.35	1284.56	0.044183	4.05	8.64	7.81	1.23
Agua Dulce	Agua Dulce	1079.762	PT1000	41.38	1282.35	1284.71	0.043841	4.20	9.84	8.34	1.24
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT2	5.81	1274.32	1275.88	0.028554	2.28	2.57	3.78	0.87
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT10	11.98	1274.32	1276.15	0.025092	2.58	4.65	5.08	0.86
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT20	15.06	1274.32	1276.31	0.025398	2.74	5.49	5.53	0.88
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT25	16.05	1274.32	1276.36	0.025022	2.77	5.79	5.68	0.88
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT50	19.62	1274.32	1276.53	0.024527	2.89	6.79	6.14	0.88
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT100	23.56	1274.32	1276.68	0.024772	3.04	7.75	6.57	0.89
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT200	27.96	1274.32	1276.82	0.025976	3.23	8.66	6.94	0.92
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT500	35.01	1274.32	1276.90	0.034144	3.78	9.28	7.17	1.06
Agua Dulce	Agua Dulce	879.719	PT1000	41.38	1274.32	1277.06	0.034374	3.95	10.47	7.63	1.08
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT2	5.81	1265.30	1266.36	0.023900	1.92	3.02	5.68	0.84
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT10	11.98	1265.30	1266.66	0.028013	2.45	4.90	7.23	0.95
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT20	15.06	1265.30	1266.78	0.027895	2.59	5.82	7.88	0.96
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT25	16.05	1265.30	1266.81	0.028475	2.65	6.06	8.04	0.97

...continuación del Anexo 26

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chrl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT50	19.62	1265.30	1266.92	0.029416	2.82	6.96	8.62	1.00
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT100	23.56	1265.30	1267.03	0.029343	2.95	7.99	9.23	1.01
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT200	27.96	1265.30	1267.16	0.028085	3.03	9.24	9.93	1.00
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT500	35.01	1265.30	1267.33	0.027401	3.17	11.03	10.85	1.00
Agua Dulce	Agua Dulce	520.480	PT1000	41.38	1265.30	1267.47	0.027151	3.30	12.55	11.57	1.01
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT2	5.81	1261.70	1262.19	0.040863	1.58	3.68	15.07	1.02
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT10	11.98	1261.70	1262.35	0.036908	1.82	6.58	20.15	1.02
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT20	15.06	1261.70	1262.45	0.038288	1.72	8.77	30.11	1.01
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT25	16.05	1261.70	1262.47	0.037810	1.72	9.31	31.40	1.01
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT50	19.62	1261.70	1262.51	0.037917	1.80	10.89	34.41	1.02
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT100	23.56	1261.70	1262.56	0.040541	1.89	12.44	38.39	1.06
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT200	27.96	1261.70	1262.59	0.043651	2.04	13.70	39.95	1.11
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT500	35.01	1261.70	1262.63	0.047873	2.26	15.48	41.47	1.18
Agua Dulce	Agua Dulce	383.084	PT1000	41.38	1261.70	1262.67	0.052051	2.45	16.87	42.60	1.24
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT2	19.99	1436.76	1437.25	0.085735	2.28	8.78	36.12	1.47
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT10	40.24	1436.76	1437.38	0.085766	2.80	14.35	43.13	1.55
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT20	50.29	1436.76	1437.43	0.085703	3.06	16.43	43.27	1.59
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT25	53.50	1436.76	1437.45	0.085793	3.14	17.06	43.31	1.60
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT50	65.13	1436.76	1437.50	0.085764	3.39	19.23	43.46	1.63
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT100	77.90	1436.76	1437.55	0.085776	3.63	21.44	43.60	1.65
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT200	92.20	1436.76	1437.60	0.085708	3.88	23.77	43.76	1.68
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT500	113.90	1436.76	1437.66	0.085718	4.21	27.05	43.98	1.71
El Carrizal	El Carrizal	3945.752	PT1000	132.72	1436.76	1437.74	0.085781	4.47	29.70	44.15	1.74
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT2	19.99	1397.21	1398.00	0.083292	3.08	6.49	16.40	1.56
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT10	40.24	1397.21	1398.24	0.082547	3.66	11.00	21.35	1.63
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT20	50.29	1397.21	1398.33	0.082422	3.86	13.01	23.22	1.65
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT25	53.50	1397.21	1398.38	0.082253	3.92	13.64	23.78	1.65
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT50	65.13	1397.21	1398.45	0.082169	4.12	15.82	25.62	1.67
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT100	77.90	1397.21	1398.53	0.082051	4.30	18.11	27.43	1.69
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT200	92.20	1397.21	1398.62	0.082038	4.48	20.56	29.23	1.71
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT500	113.90	1397.21	1398.73	0.081933	4.72	24.11	31.67	1.73
El Carrizal	El Carrizal	3484.129	PT1000	132.72	1397.21	1398.82	0.081870	4.91	27.05	33.56	1.74
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT2	19.99	1371.43	1372.72	0.034704	2.61	7.67	12.75	1.07
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT10	40.24	1371.43	1373.08	0.034712	3.10	12.96	16.62	1.12
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT20	50.29	1371.43	1373.22	0.034673	3.28	15.34	18.12	1.14
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT25	53.50	1371.43	1373.26	0.034697	3.33	16.07	18.56	1.14
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT50	65.13	1371.43	1373.39	0.034651	3.50	18.60	19.88	1.16
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT100	77.90	1371.43	1373.52	0.034614	3.68	21.19	21.05	1.17
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT200	92.20	1371.43	1373.65	0.034549	3.85	23.94	22.12	1.18
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT500	113.90	1371.43	1373.82	0.034480	4.08	27.92	23.58	1.20
El Carrizal	El Carrizal	2989.142	PT1000	132.72	1371.43	1373.98	0.034418	4.25	31.22	24.73	1.21
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT2	19.99	1347.27	1347.89	0.078542	2.75	7.26	21.03	1.50
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT10	40.24	1347.27	1348.09	0.079525	3.32	12.13	26.81	1.57
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT20	50.29	1347.27	1348.16	0.079813	3.59	14.00	27.53	1.61
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT25	53.50	1347.27	1348.18	0.079767	3.67	14.58	27.76	1.62
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT50	65.13	1347.27	1348.25	0.080076	3.93	16.57	28.50	1.65
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT100	77.90	1347.27	1348.33	0.080318	4.18	18.63	29.25	1.67
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT200	92.20	1347.27	1348.40	0.080600	4.43	20.81	30.03	1.70
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT500	113.90	1347.27	1348.50	0.080885	4.76	23.94	31.11	1.73
El Carrizal	El Carrizal	2494.218	PT1000	132.72	1347.27	1348.58	0.081105	5.01	26.50	31.96	1.76
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT2	19.99	1326.95	1327.85	0.037544	2.42	8.26	16.65	1.10
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT10	40.24	1326.95	1328.15	0.037024	2.88	13.96	21.40	1.14
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT20	50.29	1326.95	1328.26	0.036895	3.05	16.51	23.21	1.15
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT25	53.50	1326.95	1328.30	0.036899	3.09	17.29	23.74	1.16
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT50	65.13	1326.95	1328.41	0.036790	3.25	20.04	25.51	1.17
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT100	77.90	1326.95	1328.52	0.036719	3.40	22.92	27.25	1.18
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT200	92.20	1326.95	1328.63	0.036645	3.53	26.08	29.19	1.19
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT500	113.90	1326.95	1328.78	0.036598	3.71	30.73	32.01	1.21
El Carrizal	El Carrizal	2111.280	PT1000	132.72	1326.95	1328.90	0.036585	3.84	34.58	34.17	1.22
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT2	19.99	1306.12	1307.22	0.048090	2.11	9.47	27.79	1.15
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT10	40.24	1306.12	1307.42	0.049521	2.48	16.20	38.19	1.22
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT20	50.29	1306.12	1307.49	0.049959	2.64	19.05	41.30	1.24
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT25	53.50	1306.12	1307.51	0.050013	2.68	19.94	42.22	1.25
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT50	65.13	1306.12	1307.58	0.050454	2.86	22.81	44.31	1.27
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT100	77.90	1306.12	1307.64	0.050776	3.04	25.67	45.71	1.29
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT200	92.20	1306.12	1307.70	0.051111	3.23	28.52	46.45	1.32
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT500	113.90	1306.12	1307.79	0.051440	3.50	32.55	47.31	1.35
El Carrizal	El Carrizal	1622.636	PT1000	132.72	1306.12	1307.86	0.051626	3.70	35.85	48.00	1.37
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT2	19.99	1299.50	1300.05	0.040448	1.74	11.46	40.08	1.04

...continuación del Anexo 26

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Ch
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT10	40.24	1299.50	1300.21	0.039812	2.23	18.06	43.24	1.10
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT20	50.29	1299.50	1300.28	0.039555	2.40	20.94	44.54	1.12
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT25	53.50	1299.50	1300.30	0.039535	2.45	21.81	44.93	1.12
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT50	65.13	1299.50	1300.36	0.039267	2.62	24.88	46.27	1.14
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT100	77.90	1299.50	1300.43	0.039077	2.78	28.07	47.63	1.15
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT200	92.20	1299.50	1300.50	0.038889	2.93	31.46	49.03	1.17
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT500	113.90	1299.50	1300.60	0.038754	3.14	36.32	50.96	1.19
El Carrizal	El Carrizal	1458.824	PT1000	132.72	1299.50	1300.67	0.038710	3.29	40.30	52.49	1.20
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT2	19.99	1284.51	1284.99	0.045826	1.86	10.74	37.30	1.11
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT10	40.24	1284.51	1285.14	0.046456	2.44	16.48	38.42	1.19
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT20	50.29	1284.51	1285.20	0.046705	2.66	18.90	38.89	1.22
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT25	53.50	1284.51	1285.22	0.046686	2.72	19.65	39.03	1.23
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT50	65.13	1284.51	1285.28	0.046903	2.94	22.19	39.51	1.25
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT100	77.90	1284.51	1285.35	0.047012	3.14	24.81	39.99	1.27
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT200	92.20	1284.51	1285.42	0.047141	3.34	27.58	40.50	1.29
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT500	113.90	1284.51	1285.52	0.047078	3.61	31.55	41.22	1.32
El Carrizal	El Carrizal	1109.107	PT1000	132.72	1284.51	1285.59	0.046949	3.81	34.81	41.80	1.33
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT2	19.99	1270.63	1271.34	0.051489	2.58	7.76	18.05	1.25
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT10	40.24	1270.63	1271.60	0.049741	3.08	13.06	22.63	1.30
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT20	50.29	1270.63	1271.70	0.049189	3.26	15.44	24.41	1.31
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT25	53.50	1270.63	1271.73	0.049151	3.31	16.16	24.93	1.31
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT50	65.13	1270.63	1271.83	0.048688	3.48	18.74	26.69	1.32
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT100	77.90	1270.63	1271.92	0.048349	3.65	21.35	28.10	1.34
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT200	92.20	1270.63	1272.02	0.048016	3.82	24.11	29.40	1.35
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT500	113.90	1270.63	1272.15	0.047848	4.06	28.05	31.16	1.37
El Carrizal	El Carrizal	831.543	PT1000	132.72	1270.63	1272.25	0.047801	4.24	31.30	32.57	1.38
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT2	19.99	1258.25	1258.93	0.034580	1.90	10.53	28.72	1.00
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT10	40.24	1258.25	1259.16	0.031849	2.31	17.40	33.15	1.02
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT20	50.29	1258.25	1259.24	0.032283	2.49	20.20	34.80	1.04
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT25	53.50	1258.25	1259.26	0.032330	2.54	21.07	35.29	1.05
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT50	65.13	1258.25	1259.35	0.032686	2.71	24.07	36.95	1.07
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT100	77.90	1258.25	1259.43	0.033001	2.86	27.20	38.60	1.09
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT200	92.20	1258.25	1259.51	0.033303	3.02	30.52	40.28	1.11
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT500	113.90	1258.25	1259.70	0.026217	2.96	38.44	43.64	1.01
El Carrizal	El Carrizal	511.221	PT1000	132.72	1258.25	1259.72	0.033748	3.39	39.14	43.85	1.15
Jutes	Jutes	1310.760	PT2	1.61	1394.70	1395.01	0.171336	2.36	0.68	4.42	1.92
Jutes	Jutes	1310.760	PT10	3.13	1394.70	1395.10	0.171245	2.79	1.12	5.67	2.00
Jutes	Jutes	1310.760	PT20	3.87	1394.70	1395.13	0.171457	2.94	1.32	6.14	2.03
Jutes	Jutes	1310.760	PT25	4.11	1394.70	1395.14	0.171479	2.99	1.38	6.28	2.04
Jutes	Jutes	1310.760	PT50	4.98	1394.70	1395.17	0.171427	3.14	1.59	6.75	2.06
Jutes	Jutes	1310.760	PT100	6.02	1394.70	1395.21	0.171235	3.29	1.83	7.24	2.09
Jutes	Jutes	1310.760	PT200	7.19	1394.70	1395.24	0.171325	3.44	2.09	7.74	2.11
Jutes	Jutes	1310.760	PT500	8.96	1394.70	1395.29	0.171317	3.63	2.47	8.41	2.14
Jutes	Jutes	1310.760	PT1000	10.50	1394.70	1395.32	0.171191	3.78	2.78	8.92	2.16
Jutes	Jutes	833.468	PT2	1.61	1312.96	1313.34	0.170675	2.67	0.60	3.19	1.96
Jutes	Jutes	833.468	PT10	3.13	1312.96	1313.44	0.170306	3.15	0.99	4.09	2.04
Jutes	Jutes	833.468	PT20	3.87	1312.96	1313.48	0.170246	3.32	1.17	4.44	2.07
Jutes	Jutes	833.468	PT25	4.11	1312.96	1313.49	0.170196	3.37	1.22	4.54	2.08
Jutes	Jutes	833.468	PT50	4.98	1312.96	1313.53	0.170105	3.54	1.41	4.88	2.10
Jutes	Jutes	833.468	PT100	6.02	1312.96	1313.58	0.170134	3.71	1.62	5.23	2.13
Jutes	Jutes	833.468	PT200	7.19	1312.96	1313.62	0.169962	3.88	1.85	5.59	2.15
Jutes	Jutes	833.468	PT500	8.96	1312.96	1313.68	0.169751	4.09	2.19	6.08	2.18
Jutes	Jutes	833.468	PT1000	10.50	1312.96	1313.72	0.169786	4.26	2.47	6.45	2.20
Jutes	Jutes	636.901	PT2	1.61	1307.28	1307.96	0.036914	1.80	0.90	2.62	0.98
Jutes	Jutes	636.901	PT10	3.13	1307.28	1308.17	0.038046	2.09	1.50	3.39	1.00
Jutes	Jutes	636.901	PT20	3.87	1307.28	1308.24	0.037133	2.18	1.78	3.69	1.00
Jutes	Jutes	636.901	PT25	4.11	1307.28	1308.26	0.037743	2.23	1.85	3.76	1.01
Jutes	Jutes	636.901	PT50	4.98	1307.28	1308.35	0.035798	2.29	2.17	4.08	1.00
Jutes	Jutes	636.901	PT100	6.02	1307.28	1308.42	0.035765	2.40	2.51	4.38	1.01
Jutes	Jutes	636.901	PT200	7.19	1307.28	1308.52	0.033960	2.46	2.92	4.73	1.00
Jutes	Jutes	636.901	PT500	8.96	1307.28	1308.63	0.033047	2.57	3.48	5.16	1.00
Jutes	Jutes	636.901	PT1000	10.50	1307.28	1308.72	0.032346	2.66	3.95	5.50	1.00
Jutes	Jutes	331.656	PT2	1.61	1294.54	1294.89	0.046436	1.34	1.20	6.84	1.02
Jutes	Jutes	331.656	PT10	3.13	1294.54	1294.99	0.049939	1.63	1.92	8.65	1.10
Jutes	Jutes	331.656	PT20	3.87	1294.54	1295.02	0.051728	1.74	2.23	9.30	1.13
Jutes	Jutes	331.656	PT25	4.11	1294.54	1295.03	0.050869	1.75	2.35	9.54	1.13
Jutes	Jutes	331.656	PT50	4.98	1294.54	1295.06	0.054562	1.89	2.64	10.12	1.18
Jutes	Jutes	331.656	PT100	6.02	1294.54	1295.10	0.055034	1.99	3.03	10.84	1.20
Jutes	Jutes	331.656	PT200	7.19	1294.54	1295.13	0.059379	2.14	3.36	11.42	1.26
Jutes	Jutes	331.656	PT500	8.96	1294.54	1295.17	0.062256	2.30	3.90	12.28	1.30

... continuación del Anexo 26

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Ch
Jutes	Jutes	331.656	PT 1000	10.50	1294.54	1295.21	0.064642	2.43	4.33	12.94	1.34
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT2	12.16	1417.69	1418.43	0.123257	4.06	2.99	6.60	1.92
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT10	23.76	1417.69	1418.66	0.123350	4.85	4.90	8.24	2.01
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT20	29.47	1417.69	1418.78	0.123355	5.13	5.75	8.88	2.04
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT25	31.30	1417.69	1418.81	0.123332	5.21	6.01	9.07	2.04
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT50	37.89	1417.69	1418.91	0.123340	5.47	6.92	9.69	2.07
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT100	45.12	1417.69	1419.00	0.123376	5.73	7.88	10.31	2.09
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT200	53.94	1417.69	1419.11	0.123423	5.99	9.00	10.98	2.11
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT500	67.37	1417.69	1419.25	0.123188	6.34	10.63	11.90	2.14
Sn Francisco	Sn Francisco	2489.865	PT1000	79.02	1417.69	1419.36	0.123191	6.60	11.97	12.60	2.16
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT2	12.16	1376.15	1377.14	0.121283	4.20	2.90	5.67	1.91
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT10	23.76	1376.15	1377.42	0.121113	4.96	4.79	7.54	1.99
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT20	29.47	1376.15	1377.53	0.121045	5.23	5.63	8.18	2.01
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT25	31.30	1376.15	1377.56	0.121027	5.31	5.89	8.37	2.02
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT50	37.89	1376.15	1377.66	0.120973	5.57	6.80	8.99	2.04
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT100	45.12	1376.15	1377.77	0.120943	5.82	7.75	9.60	2.07
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT200	53.94	1376.15	1377.88	0.120840	6.08	8.87	10.27	2.09
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT500	67.37	1376.15	1378.03	0.121007	6.43	10.47	11.16	2.12
Sn Francisco	Sn Francisco	2152.743	PT1000	79.02	1376.15	1378.14	0.120937	6.69	11.80	11.85	2.14
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT2	12.16	1355.90	1356.80	0.040186	1.72	7.07	24.52	1.02
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT10	23.76	1355.90	1356.98	0.034875	1.93	12.32	32.40	1.00
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT20	29.47	1355.90	1357.04	0.033677	2.07	14.27	32.89	1.00
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT25	31.30	1355.90	1357.06	0.033830	2.12	14.80	33.02	1.01
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT50	37.89	1355.90	1357.13	0.031795	2.22	17.03	33.58	1.00
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT100	45.12	1355.90	1357.19	0.031484	2.36	19.10	34.08	1.01
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT200	53.94	1355.90	1357.26	0.030149	2.48	21.71	34.71	1.00
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT500	67.37	1355.90	1357.37	0.029343	2.67	25.27	35.55	1.01
Sn Francisco	Sn Francisco	1737.452	PT1000	79.02	1355.90	1357.44	0.029613	2.83	27.95	36.16	1.03
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT2	12.16	1345.00	1345.80	0.069787	2.83	4.29	10.73	1.43
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT10	23.76	1345.00	1346.00	0.080888	3.54	6.71	13.42	1.60
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT20	29.47	1345.00	1346.08	0.083608	3.78	7.79	14.46	1.65
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT25	31.30	1345.00	1346.10	0.082674	3.83	8.18	14.82	1.64
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT50	37.89	1345.00	1346.17	0.088943	4.13	9.18	15.68	1.72
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT100	45.12	1345.00	1346.25	0.088828	4.31	10.47	16.73	1.74
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT200	53.94	1345.00	1346.32	0.093175	4.58	11.77	17.80	1.80
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT500	67.37	1345.00	1346.44	0.095228	4.84	13.93	19.75	1.84
Sn Francisco	Sn Francisco	1531.133	PT1000	79.02	1345.00	1346.52	0.091412	5.07	15.69	22.35	1.83
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT2	12.16	1332.21	1332.79	0.037852	1.58	7.77	31.32	0.99
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT10	23.76	1332.21	1332.94	0.031293	1.93	12.75	35.05	0.97
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT20	29.47	1332.21	1333.00	0.030021	2.08	14.94	36.57	0.97
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT25	31.30	1332.21	1333.02	0.029913	2.12	15.58	37.00	0.97
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT50	37.89	1332.21	1333.09	0.028144	2.24	18.13	38.68	0.98
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT100	45.12	1332.21	1333.14	0.028904	2.41	20.30	40.64	0.99
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT200	53.94	1332.21	1333.24	0.025309	2.48	24.44	47.51	0.95
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT500	67.37	1332.21	1333.35	0.022918	2.60	30.22	51.42	0.92
Sn Francisco	Sn Francisco	1193.997	PT1000	79.02	1332.21	1333.43	0.023040	2.76	34.05	52.71	0.94
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT2	12.16	1314.64	1315.08	0.054959	2.12	5.74	18.89	1.23
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT10	23.76	1314.64	1315.21	0.069935	2.83	8.41	21.48	1.44
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT20	29.47	1314.64	1315.26	0.074063	3.07	9.59	22.54	1.50
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT25	31.30	1314.64	1315.28	0.074334	3.13	9.99	22.89	1.51
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT50	37.89	1314.64	1315.33	0.081438	3.42	11.08	23.80	1.60
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT100	45.12	1314.64	1315.48	0.079652	2.84	15.88	44.38	1.52
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT200	53.94	1314.64	1315.50	0.100628	3.27	16.52	44.64	1.71
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT500	67.37	1314.64	1315.53	0.122785	3.77	17.87	45.18	1.91
Sn Francisco	Sn Francisco	804.617	PT1000	79.02	1314.64	1315.57	0.120870	3.97	19.89	45.99	1.93
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT2	12.16	1294.16	1295.12	0.058848	3.10	3.93	7.40	1.36
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT10	23.76	1294.16	1295.48	0.046412	3.35	7.09	9.94	1.27
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT20	29.47	1294.16	1295.62	0.044182	3.47	8.49	10.88	1.25
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT25	31.30	1294.16	1295.66	0.043983	3.52	8.89	11.14	1.26
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT50	37.89	1294.16	1295.80	0.041035	3.60	10.54	12.12	1.23
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT100	45.12	1294.16	1295.92	0.040853	3.75	12.03	12.95	1.24
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT200	53.94	1294.16	1296.10	0.035073	3.70	14.57	14.25	1.17
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT500	67.37	1294.16	1296.33	0.031403	3.75	17.94	15.82	1.13
Sn Francisco	Sn Francisco	458.031	PT1000	79.02	1294.16	1296.69	0.031622	2.67	29.63	44.95	1.05
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT2	11.17	1604.74	1606.04	0.080104	3.84	2.91	4.48	1.52
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT10	22.04	1604.74	1606.42	0.080152	4.55	4.65	5.78	1.59
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT20	27.41	1604.74	1606.56	0.080156	4.80	5.71	6.28	1.61
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT25	29.13	1604.74	1606.60	0.080138	4.87	5.97	6.42	1.61
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT50	35.33	1604.74	1606.74	0.080155	5.12	6.90	6.90	1.63

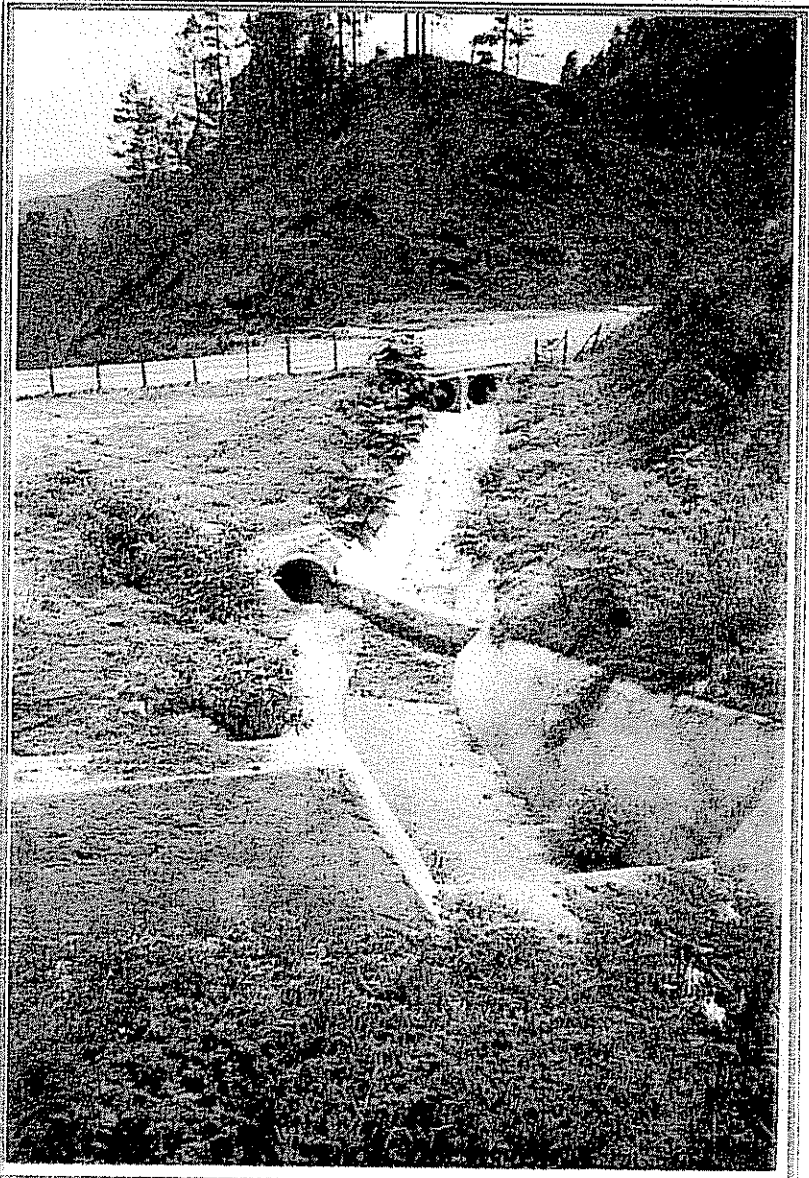
... continuación del Anexo 26

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Cntrl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Fraude # Chl
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT100	42.14	1604.74	1606.88	0.080013	5.34	7.89	7.38	1.65
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT200	49.75	1604.74	1607.02	0.080025	5.57	8.93	7.85	1.67
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT500	61.31	1604.74	1607.20	0.080150	5.87	10.44	8.49	1.69
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4300.804	PT1000	71.77	1604.74	1607.35	0.080039	6.10	11.76	9.01	1.71
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT2	11.17	1581.56	1582.48	0.083014	3.37	3.31	7.17	1.58
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT10	22.04	1581.56	1582.75	0.084072	4.01	5.49	9.24	1.66
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT20	27.41	1581.56	1582.85	0.084515	4.25	6.46	10.01	1.69
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT25	29.13	1581.56	1582.88	0.084644	4.31	6.75	10.24	1.70
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT50	35.33	1581.56	1582.98	0.085026	4.53	7.79	11.00	1.72
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT100	42.14	1581.56	1583.07	0.085617	4.75	8.87	11.74	1.74
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT200	49.75	1581.56	1583.17	0.085988	4.96	10.03	12.48	1.77
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT500	61.31	1581.56	1583.30	0.086422	5.24	11.71	13.49	1.79
Agua Amarilla	Agua Amarilla	4010.494	PT1000	71.77	1581.56	1583.40	0.087008	5.46	13.14	14.29	1.82
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT2	11.17	1531.57	1532.70	0.232953	5.80	1.93	3.41	2.46
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT10	22.04	1531.57	1533.03	0.231670	6.86	3.21	4.41	2.56
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT20	27.41	1531.57	1533.15	0.231171	7.24	3.79	4.78	2.60
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT25	29.13	1531.57	1533.19	0.231064	7.35	3.98	4.89	2.61
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT50	35.33	1531.57	1533.31	0.230657	7.71	4.58	5.26	2.64
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT100	42.14	1531.57	1533.43	0.230243	8.05	5.24	5.62	2.66
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT200	49.75	1531.57	1533.55	0.229811	8.38	5.93	5.99	2.69
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT500	61.31	1531.57	1533.72	0.229177	8.82	6.95	6.48	2.72
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3798.457	PT1000	71.77	1531.57	1533.85	0.228754	9.17	7.83	6.88	2.74
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT2	11.17	1516.36	1517.64	0.032261	2.55	4.37	6.82	1.02
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT10	22.04	1516.36	1518.01	0.033281	3.06	7.20	8.75	1.08
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT20	27.41	1516.36	1518.14	0.033705	3.25	8.44	9.48	1.10
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT25	29.13	1516.36	1518.18	0.033817	3.30	8.82	9.69	1.10
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT50	35.33	1516.36	1518.31	0.034237	3.48	10.15	10.39	1.12
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT100	42.14	1516.36	1518.44	0.034650	3.66	11.53	11.08	1.14
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT200	49.75	1516.36	1518.57	0.035091	3.83	13.00	11.76	1.16
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT500	61.31	1516.36	1518.74	0.035696	4.06	15.10	12.68	1.19
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3564.665	PT1000	71.77	1516.36	1518.88	0.036192	4.24	16.91	13.41	1.21
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT2	11.17	1494.34	1495.57	0.108733	4.32	2.58	4.19	1.76
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT10	22.04	1494.34	1495.93	0.108022	5.11	4.31	5.42	1.83
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT20	27.41	1494.34	1496.07	0.107774	5.40	5.08	5.88	1.85
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT25	29.13	1494.34	1496.11	0.107748	5.48	5.32	6.02	1.86
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT50	35.33	1494.34	1496.24	0.107515	5.74	6.15	6.47	1.88
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT100	42.14	1494.34	1496.37	0.107262	6.00	7.03	6.91	1.90
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT200	49.75	1494.34	1496.50	0.107065	6.25	7.96	7.36	1.92
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT500	61.31	1494.34	1496.68	0.106737	6.57	9.33	7.97	1.94
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3365.220	PT1000	71.77	1494.34	1496.83	0.106501	6.83	10.50	8.45	1.96
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT2	11.17	1475.26	1476.41	0.051775	2.86	3.91	7.45	1.26
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT10	22.04	1475.26	1476.71	0.052933	3.38	6.52	9.87	1.33
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT20	27.41	1475.26	1476.82	0.053408	3.57	7.67	10.76	1.35
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT25	29.13	1475.26	1476.85	0.053532	3.63	8.03	11.02	1.36
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT50	35.33	1475.26	1476.96	0.053983	3.81	9.27	11.88	1.38
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT100	42.14	1475.26	1477.07	0.054481	3.99	10.55	12.72	1.40
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT200	49.75	1475.26	1477.17	0.054933	4.17	11.93	13.56	1.42
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT500	61.31	1475.26	1477.31	0.055593	4.41	13.90	14.68	1.45
Agua Amarilla	Agua Amarilla	3095.712	PT1000	71.77	1475.26	1477.42	0.056121	4.60	15.60	15.57	1.47
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT2	11.17	1455.94	1456.60	0.087487	2.75	4.06	12.71	1.55
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT10	22.04	1455.94	1456.79	0.086257	3.23	6.83	16.65	1.61
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT20	27.41	1455.94	1456.88	0.085875	3.40	8.08	18.14	1.63
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT25	29.13	1455.94	1456.88	0.085904	3.45	8.44	18.57	1.63
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT50	35.33	1455.94	1456.95	0.085747	3.62	9.77	20.01	1.65
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT100	42.14	1455.94	1457.01	0.085822	3.78	11.15	21.41	1.67
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT200	49.75	1455.94	1457.08	0.085998	3.93	12.65	22.89	1.69
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT500	61.31	1455.94	1457.17	0.086418	4.14	14.80	24.89	1.71
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2857.874	PT1000	71.77	1455.94	1457.24	0.086722	4.31	16.66	26.48	1.73
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT2	11.17	1421.48	1421.91	0.072085	2.41	4.63	15.37	1.40
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT10	22.04	1421.48	1422.08	0.073074	2.98	7.40	18.01	1.48
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT20	27.41	1421.48	1422.14	0.073387	3.18	8.61	19.06	1.51
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT25	29.13	1421.48	1422.16	0.073347	3.24	9.00	19.37	1.52
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT50	35.33	1421.48	1422.23	0.073510	3.43	10.31	20.43	1.54
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT100	42.14	1421.48	1422.29	0.073415	3.62	11.64	21.19	1.56
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT200	49.75	1421.48	1422.36	0.073271	3.83	12.99	21.72	1.58
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT500	61.31	1421.48	1422.45	0.072875	4.10	14.96	22.46	1.60
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2419.283	PT1000	71.77	1421.48	1422.52	0.072547	4.31	16.64	23.08	1.62
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT2	11.17	1400.23	1401.07	0.054028	2.31	4.63	13.48	1.23
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT10	22.04	1400.23	1401.28	0.053363	2.71	8.14	17.76	1.28

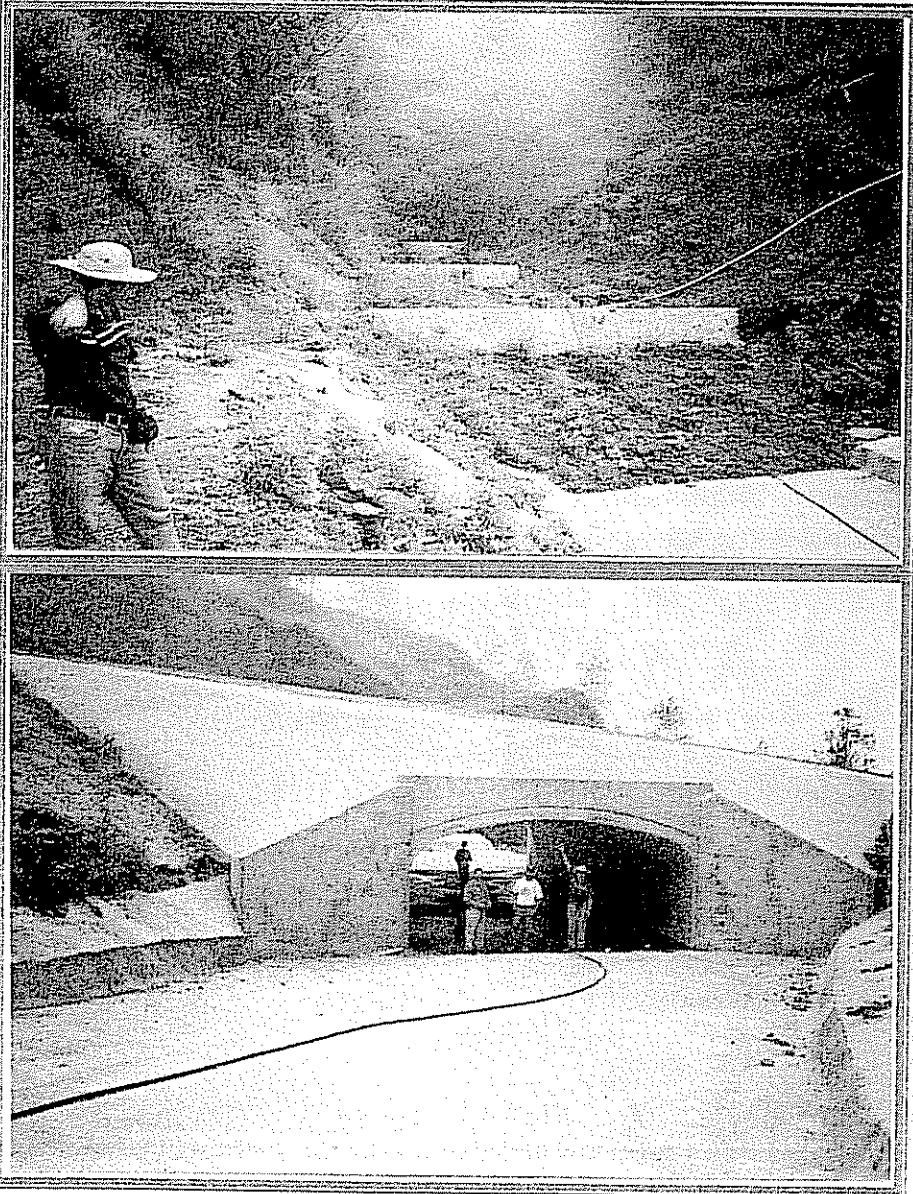
... continuación del Anexo 26

River	Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT20	27.41	1400.23	1401.37	0.053201	2.83	9.69	19.75	1.29
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT25	29.13	1400.23	1401.39	0.053210	2.88	10.11	20.04	1.29
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT50	35.33	1400.23	1401.46	0.053140	3.05	11.59	21.03	1.31
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT100	42.14	1400.23	1401.53	0.053203	3.21	13.12	22.01	1.33
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT200	49.75	1400.23	1401.60	0.053364	3.37	14.75	23.00	1.34
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT500	61.31	1400.23	1401.70	0.053870	3.59	17.09	24.38	1.37
Agua Amarilla	Agua Amarilla	2083.359	PT1000	71.77	1400.23	1401.78	0.053924	3.76	19.11	25.47	1.38
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT2	11.17	1379.88	1380.32	0.189644	3.29	3.40	14.62	2.18
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT10	22.04	1379.88	1380.45	0.191217	4.03	5.48	17.49	2.30
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT20	27.41	1379.88	1380.50	0.190944	4.28	6.40	18.62	2.33
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT25	29.13	1379.88	1380.51	0.190498	4.35	6.69	18.97	2.34
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT50	35.33	1379.88	1380.58	0.189965	4.59	7.70	20.10	2.37
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT100	42.14	1379.88	1380.62	0.188516	4.80	8.77	21.25	2.39
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT200	49.75	1379.88	1380.67	0.188468	5.01	9.93	22.43	2.40
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT500	61.31	1379.88	1380.74	0.183490	5.27	11.64	24.05	2.42
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1860.806	PT1000	71.77	1379.88	1380.80	0.181109	5.47	13.12	25.38	2.43
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT2	11.17	1373.34	1374.11	0.033221	1.93	5.78	14.90	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT10	22.04	1373.34	1374.36	0.030386	2.22	9.95	19.54	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT20	27.41	1373.34	1374.44	0.031093	2.37	11.57	20.91	1.02
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT25	29.13	1373.34	1374.47	0.029146	2.35	12.38	21.50	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT50	35.33	1373.34	1374.56	0.028925	2.48	14.27	22.83	1.00
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT100	42.14	1373.34	1374.64	0.028725	2.59	16.25	24.14	1.01
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT200	49.75	1373.34	1374.75	0.026651	2.64	18.65	25.76	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT500	61.31	1373.34	1374.87	0.025927	2.76	22.18	27.71	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1683.304	PT1000	71.77	1373.34	1375.02	0.026751	2.66	26.95	36.49	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT2	11.17	1350.37	1351.00	0.124005	3.19	3.50	11.39	1.64
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT10	22.04	1350.37	1351.15	0.145409	4.01	5.50	14.30	2.06
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT20	27.41	1350.37	1351.23	0.138207	4.13	6.63	15.85	2.04
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT25	29.13	1350.37	1351.23	0.157217	4.41	6.61	15.82	2.18
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT50	35.33	1350.37	1351.29	0.158733	4.63	7.64	17.11	2.21
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT100	42.14	1350.37	1351.35	0.160067	4.84	8.71	18.35	2.24
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT200	49.75	1350.37	1351.40	0.191222	5.07	9.81	22.06	2.43
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT500	61.31	1350.37	1351.46	0.200065	5.55	11.05	22.44	2.52
Agua Amarilla	Agua Amarilla	1288.862	PT1000	71.77	1350.37	1351.53	0.182442	5.70	12.59	22.90	2.45
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT2	11.17	1325.12	1325.79	0.031173	2.16	5.17	10.63	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT10	22.04	1325.12	1326.09	0.029457	2.51	8.77	13.78	1.01
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT20	27.41	1325.12	1326.20	0.028604	2.63	10.44	15.01	1.00
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT25	29.13	1325.12	1326.24	0.027984	2.64	11.02	15.42	1.00
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT50	35.33	1325.12	1326.35	0.027002	2.75	12.84	16.46	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT100	42.14	1325.12	1326.46	0.026904	2.89	14.60	17.37	1.00
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT200	49.75	1325.12	1326.58	0.025274	2.95	16.85	18.48	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT500	61.31	1325.12	1326.74	0.024786	3.10	19.77	19.81	0.99
Agua Amarilla	Agua Amarilla	819.174	PT1000	71.77	1325.12	1326.84	0.025605	3.27	21.92	20.74	1.02
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT2	11.17	1300.22	1300.75	0.104904	3.02	3.70	11.48	1.70
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT10	22.04	1300.22	1300.90	0.114941	3.97	5.55	12.16	1.67
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT20	27.41	1300.22	1300.96	0.120638	4.35	6.30	12.43	1.95
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT25	29.13	1300.22	1300.98	0.125580	4.50	6.47	12.49	2.00
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT50	35.33	1300.22	1301.03	0.133534	4.91	7.19	12.74	2.09
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT100	42.14	1300.22	1301.10	0.132938	5.21	8.08	13.04	2.11
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT200	49.75	1300.22	1301.15	0.149173	5.73	8.68	13.24	2.26
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT500	61.31	1300.22	1301.24	0.152278	6.19	9.91	13.64	2.32
Agua Amarilla	Agua Amarilla	344.526	PT1000	71.77	1300.22	1301.34	0.139978	6.34	11.32	14.09	2.26

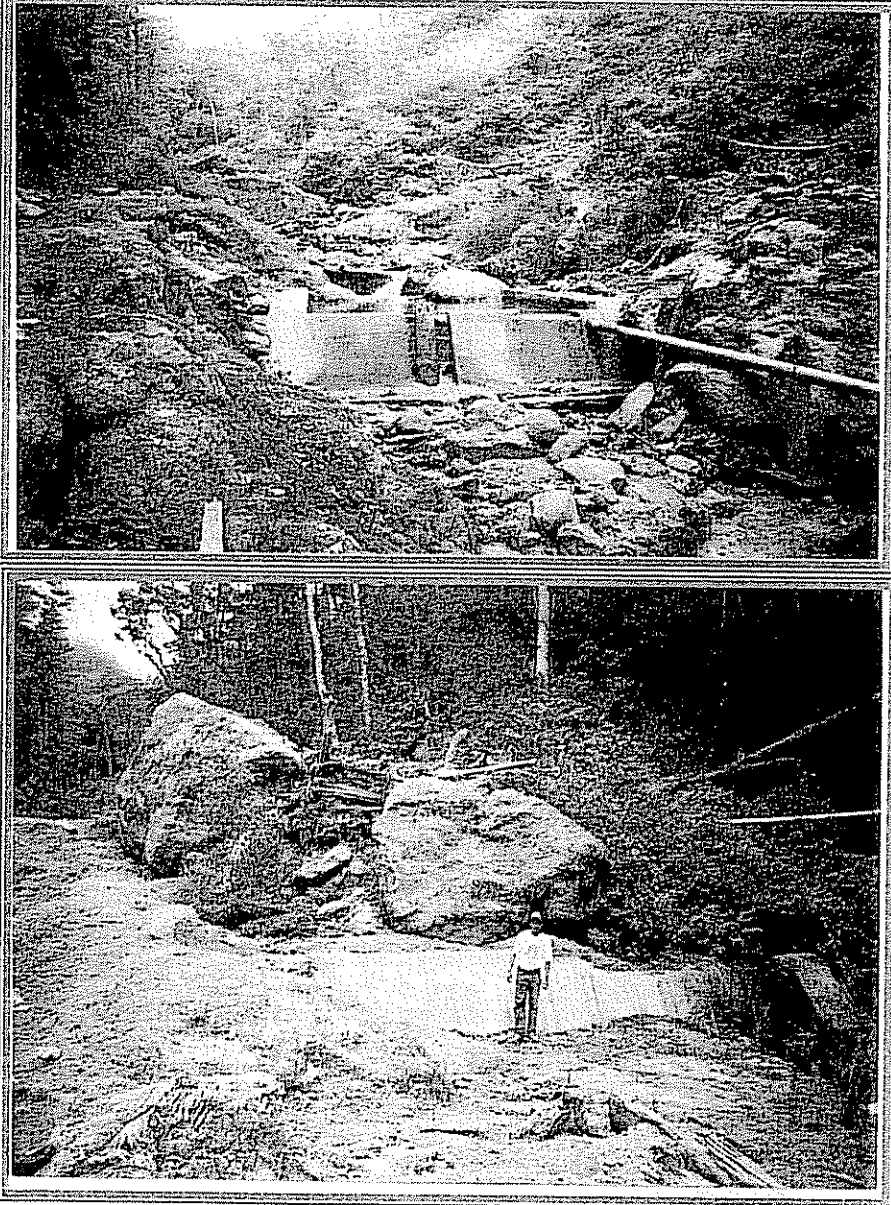
Anexo 27. Ficha de sitio crítico El Llorón 1

FICHA DE SITIOS CRITICOS		Código	VAI1
Municipio	Valle de Angeles	Departamento	Francisco Morazán
Lugar	Alcantarilla El Llorón 1, Río Yesguare		
Coordenadas	Longitud	14 ^o 08' 03"	Latitud 87 ^o 04' 07"
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua		
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de alcantarilla El Llorón 1. - Incomunicación entre Valle de Ángeles y Tegucigalpa. - Socavación en curvas cóncavas y márgenes. 		
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Rediseño de alcantarilla. - Mejoramiento de control de velocidad del agua. - Protección con enrocamiento. 		
Fotografía			

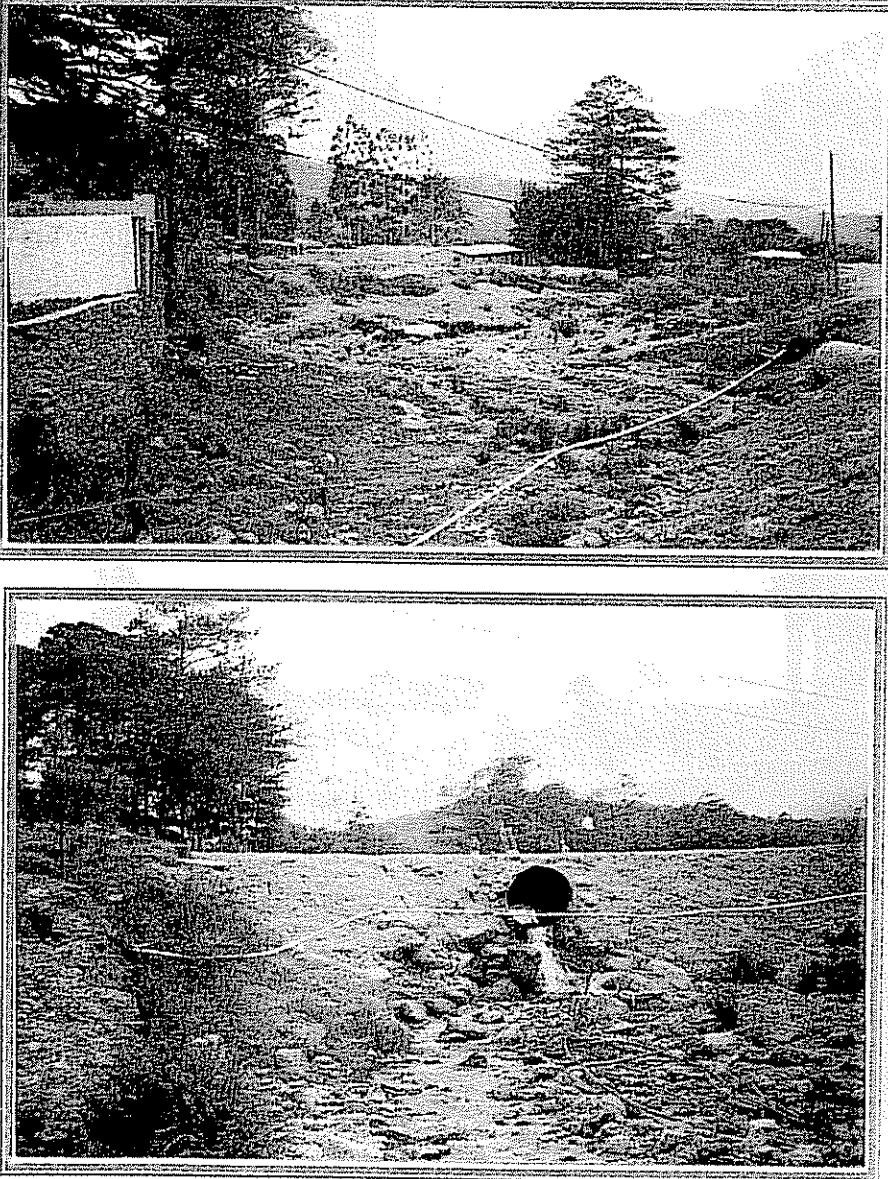
Anexo 28. Ficha de sitio crítico El Llorón 2

FICHA DE SITIOS CRITICOS		Código	VAI2	
Municipio	Valle de Angeles	Departamento	Francisco Morazán	
Lugar	Puente El Llorón 2, Río Yeguare			
Coordenadas	Longitud	14° 07' 58"	Latitud	87° 04' 10"
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua.			
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de alcantarilla El Llorón 2. - Incomunicación entre Valle de Ángeles y Tegucigalpa. - Socavación en curvas cóncavas y márgenes. 			
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar alineamiento de puente. - Mejoramiento de control de velocidad del agua. 			
Fotografía				

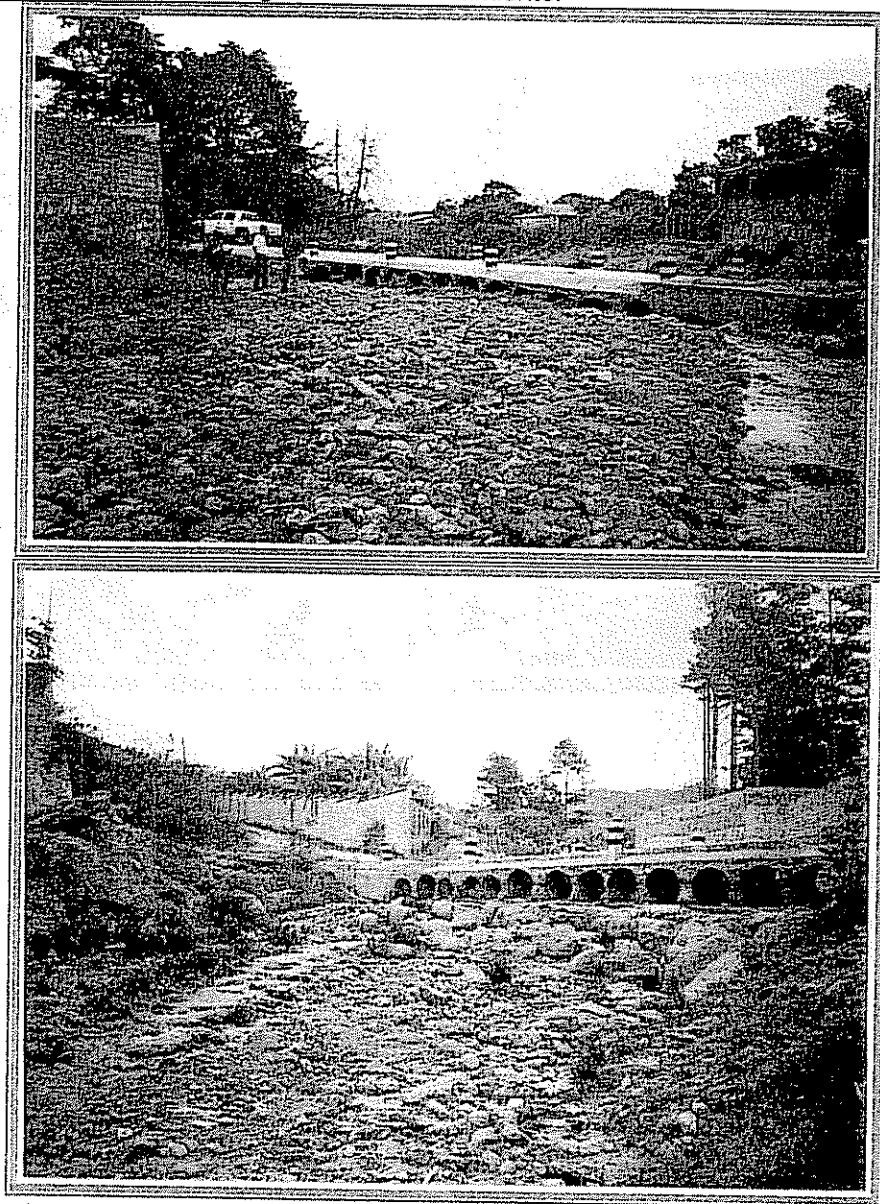
Anexo 29. Ficha de sitio crítico Las Golondrinas, Quebrada Agua Amarilla

FICHA DE SITIOS CRÍTICOS		Código	VA13
Municipio	Valle de Angeles	Departamento	Francisco Morazán
Lugar	Toma de agua de Las Golondrinas, Qda. Amarilla, Río La Soledad		
Coordenadas	Longitud	14° 10' 45"	Latitud
			87° 03' 42"
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua.		
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de instalaciones hidráulicas - Suspensión de abastecimiento de agua potable para Cerro Grande. 		
Recomendaciones	- Rediseño y reubicación de estructura hidráulica a sitio más estable		
Fotografía			

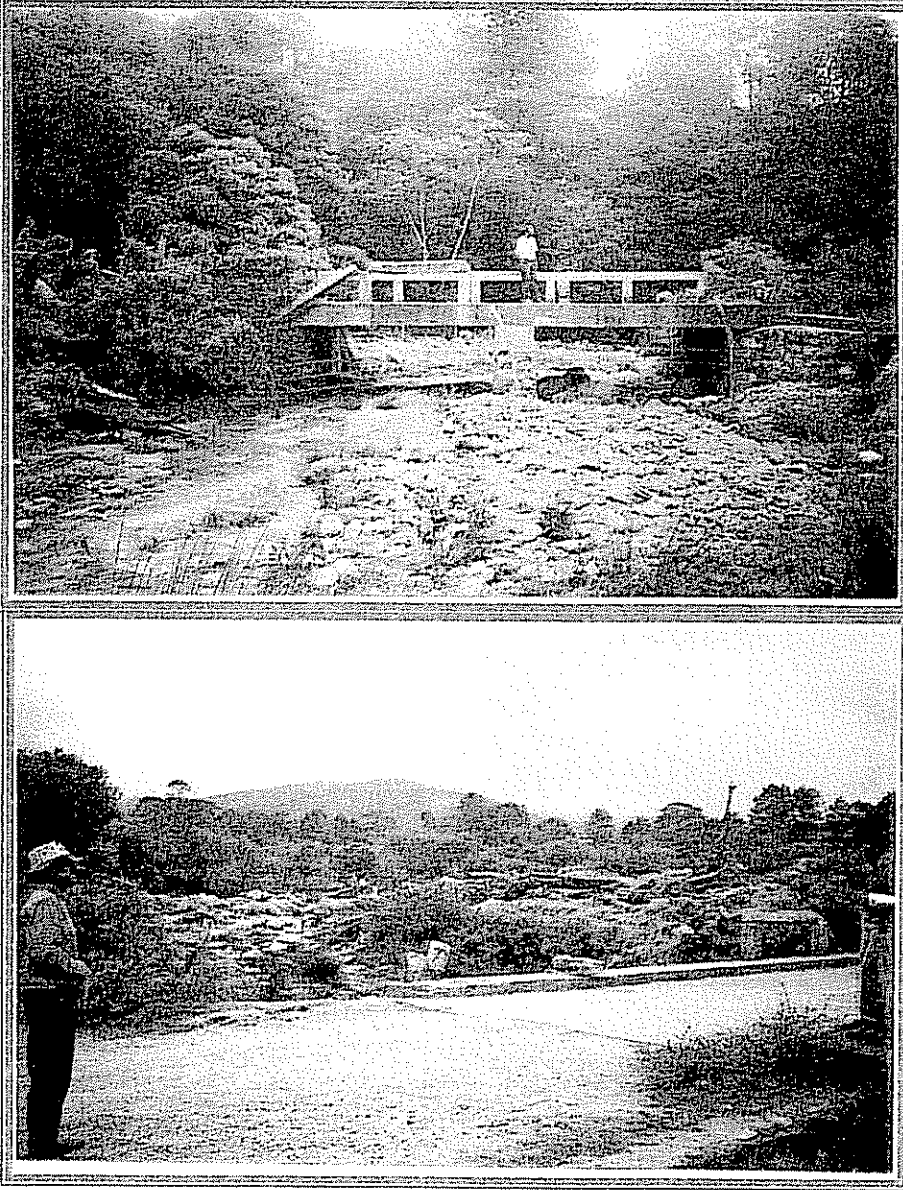
Anexo 30. Ficha de sitio crítico El Edén, Quebrada Agua Amarilla

FICHA DE SITIOS CRÍTICOS		Código		VAI4	
Municipio	Valle de Ángeles	Departamento		Francisco Morazán	
Lugar	El Edén, Qda. Amarilla, Río La Soledad				
Coordenadas	Longitud	14 ^o 09' 53"	Latitud	87 ^o 02' 15"	
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua.				
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de alcantarillas - Daños y destrucción de casas - Incomunicación entre Valle de Ángeles y San Juancito. - Interrupción de agua potable 				
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Planificación urbana. - Rediseño de puente. - Protección de márgenes con enrocamiento. 				
Fotografía	 <p>The top photograph shows a wide, dry stream bed with scattered rocks and debris. A concrete culvert pipe is visible in the middle ground, partially obscured by the terrain. The background features a line of trees and a utility pole. The bottom photograph is a similar view from a slightly different angle, showing the culvert pipe more prominently in the foreground and the rocky stream bed extending into the distance.</p>				

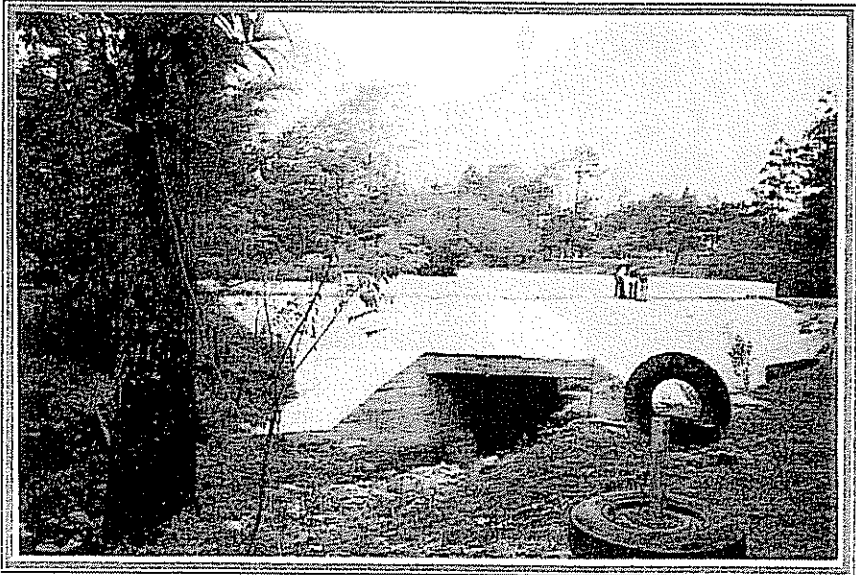
Anexo 31. Ficha de sitio crítico Paso Los Rubios, Quebrada Agua Amarilla

FICHA DE SITIOS CRITICOS		Código	VAI5
Municipio	Valle de Angeles	Departamento	Francisco Morazán
Lugar	Paso Los Rubios, Qda. Amarilla, Río La Soledad		
Coordenadas	Longitud	14° 09' 40"	Latitud
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua.		
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción y bloqueo de alcantarillas - Sedimentación aguas arriba y socavación aguas debajo de alcantarillas. 		
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Rediseño y reconstrucción de alcantarilla. - Protección de márgenes con enrocamiento. 		
Fotografía	 <p>The top photograph shows a wide, rocky riverbed with a concrete bridge structure in the background. The bottom photograph shows a similar view from a different angle, highlighting the rocky terrain and the bridge structure.</p>		

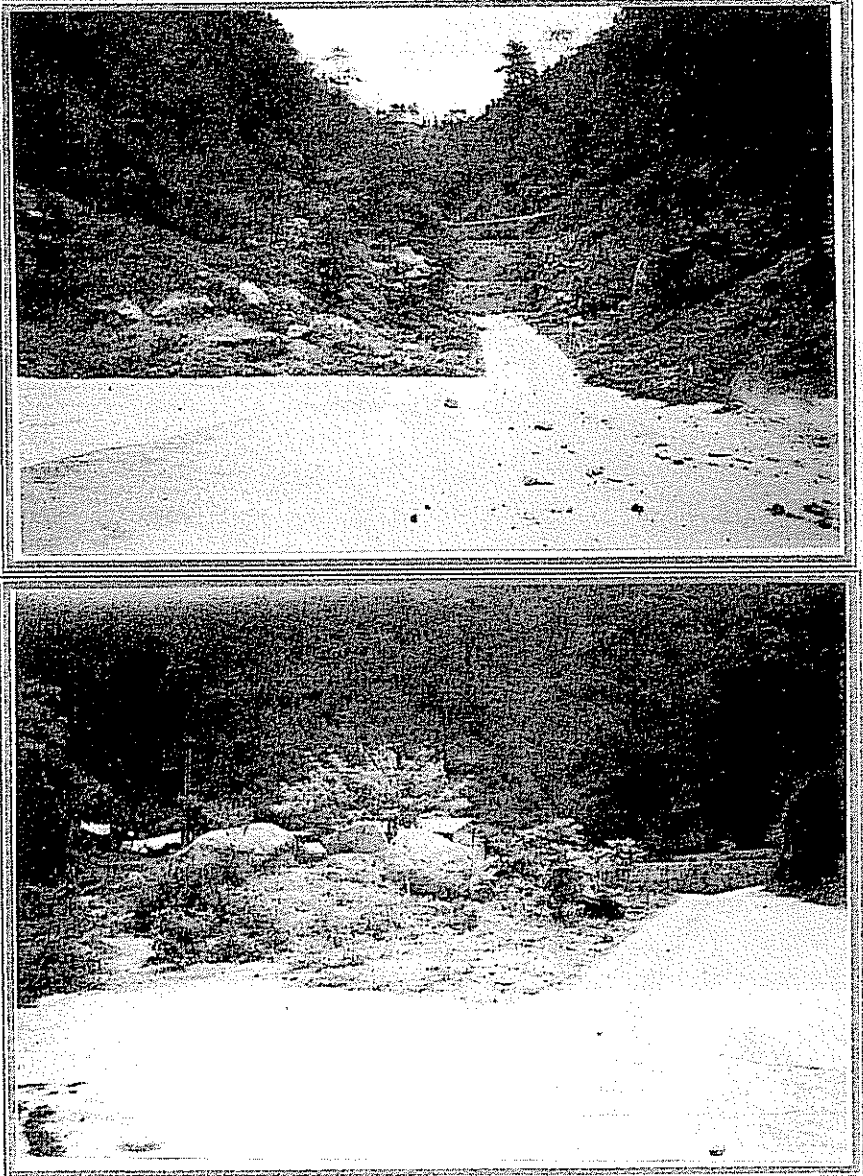
Anexo 32. Ficha de sitio crítico Puente El Carmelo, Río La Soledad

FICHA DE SITIOS CRITICOS		Código		VAI6
Municipio	Valle de Angeles	Departamento		Francisco Morazán
Lugar	Puente El Carmelo, Río La Soledad			
Coordenadas	Longitud	14° 27' 28"	Latitud	87° 02' 17"
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua.			
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción y bloqueo de puente por pila central. - Socavación de margen derecha del puente. - Destrucción de matadero municipal. - Sedimentación con rocas y árboles de terrenos urbanos. 			
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Reconstrucción de puente. - Protección de márgenes con enrocamiento. 			
Fotografía				

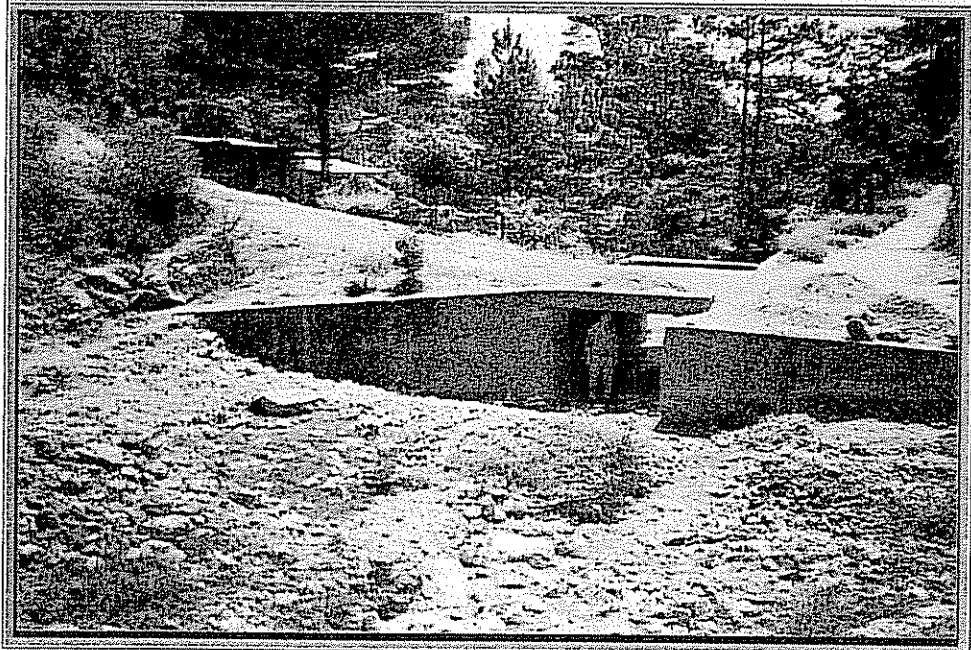
Anexo 33. Ficha de sitio crítico Puente El Tablón, Río El Carrizal

FICHA DE SITIOS CRITICOS		Código	VAI7	
Municipio	Valle de Angeles	Departamento	Francisco Morazán	
Lugar	Puente El Tablón, Río Carrizal			
Coordenadas	Longitud	14° 08' 50"	Latitud	87° 03' 04"
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua.			
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de puente, que fue reconstruido - Incomunicación entre Valle de Ángeles y Tegucigalpa. 			
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminación de tapia construida sobre puente. - Protección de márgenes con enrocamiento. 			
Fotografía				


Anexo 34. Ficha de sitio crítico Puente Chagüitillos, Quebrada Grande

FICHA DE SITIOS CRÍTICOS		Código	VAI8
Municipio	Valle de Ángeles	Departamento	Francisco Morazán
Lugar	Puente Chagüitillos, Qda. Grande, Río Yeguaire		
Coordenadas	Longitud	14° 08' 03"	Latitud
			87° 03' 53"
Amenaza	Inundación y alta velocidad del agua.		
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de puente, que fue reconstruido - Incomunicación entre Valle de Ángeles y Tegucigalpa. 		
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Reubicación de casas vulnerables. - Mejoramiento de control de pendiente. 		
Fotografía			

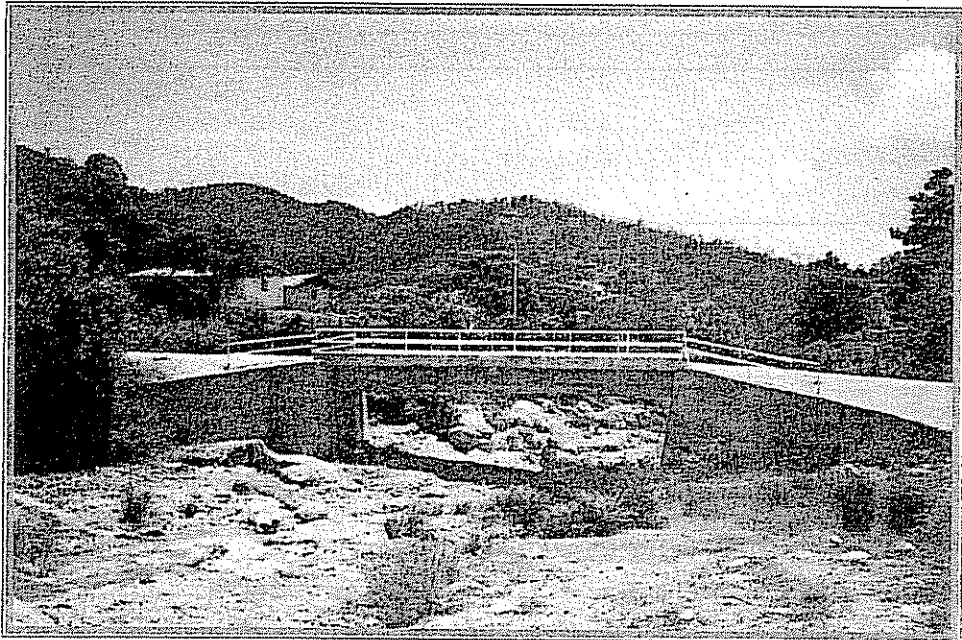
Anexo 35. Ficha de sitio crítico La Simbra

FICHA DE SITIOS CRÍTICOS		Código		VAI9	
Municipio	Valle de Ángeles	Departamento		Francisco Morazán	
Lugar	La Simbra Caja - Puente				
Coordenadas	Longitud	14 ⁰ 09' 45"	Latitud	87 ⁰ 03' 08"	
	Am amenaza				
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de alcantarilla que fue construida - Incomunicación entre Barrio La Simbra y Miravalle. 				
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Rediseño de caja-puente. - Mejoramiento de control de velocidad del agua - Protección de márgenes con enrocamiento - Reubicación de casas vulnerables 				
Fotografía					

Anexo 36. Ficha de sitio crítico La Pozona, Quebrada Agua Amarilla

FICHA DE SITIOS CRÍTICOS		Código		VAI10
Municipio	Valle de Ángeles	Departamento		Francisco Morazán
Lugar	La Pozona, Qda Agua Amarilla			
Coordenadas	Longitud	14° 09' 24"	Latitud	87° 02' 19"
	Amenaza			
Inundación y alta velocidad del agua.				
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de puente, que fue reconstruido provisionalmente para peatones - Incomunicación entre Valle de Ángeles y Aldea Buena Vista 			
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Construir puente - Protección de márgenes con enrocamiento. 			
Fotografía				

Anexo 37. Ficha de sitio crítico Puente El Zarzal, Quebrada Agua Amarilla

FICHA DE SITIOS CRITICOS		Código		VAI1
Municipio	Valle de Angeles	Departamento		Francisco Morazán
Lugar	Puente el Zarzal, Qda Agua Amarilla			
Coordenadas	Longitud	14 ^o 09' 33"	Latitud	87 ^o 02' 28"
	Amenaza			
Problemas	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de puente - Incomunicación entre Barrio Arriba y El Centro de Valle de Ángeles 			
Recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de luz del puente - Mejoramiento de control de velocidad del agua. - Protección con enrocamiento. 			
Fotografía				

Anexo 38. Evaluación de la vulnerabilidad educativa

Variable	Promedio por variable
Escolaridad	2
Programas de educación ambiental	2
Programas radiales de información	3
Asistencia técnica a productores	3
Total	10
Promedio	2,5

Anexo 39. Evaluación de la vulnerabilidad Institucional

Variable	Promedio por variable
Planes de prevención de inundaciones	4
Instituciones presentes en la zona	0
Coordinación interinstitucional	4
Capacitación al personal técnico	4
Total	12
Promedio	3

Anexo 40. Evaluación de la vulnerabilidad social

Variable	Promedio por variable
Liderazgo en la comunidad	2
Organización social comunitaria	3
Total	5
Promedio	2,5

Anexo 41. Evaluación de la vulnerabilidad política

Variable	Promedio por variable
Apoyo del estado en programas comunales	1
Aplicación de leyes para la construcción	4
Total	5
Promedio	2,5

Anexo 42. Evaluación de la vulnerabilidad económica

Variable	Promedio por variable
Principales fuentes de empleo	1
Poder adquisitivo de tierras	4
Total	5
Promedio	2,5

Anexo 43. Evaluación de la vulnerabilidad ideológica

Variable	Promedio por variable
Reacción de la comunidad ante una inundación	1
Reacción de la comunidad ante la amenaza	2
Total	3
Promedio	1,5

Anexo 44. Evaluación de la vulnerabilidad física

Variable	Promedio por variable
Conducción de agua potable y su funcionalidad	4
Asentamientos humanos en riberas de ríos	4
Resistencia de estructuras físicas	0
Total	8
Promedio	2,7

Anexo 45. Evaluación de la vulnerabilidad técnica

Variable	Promedio por variable
Estado de puentes	2
Diseño de obras hidráulicas con capacidad para soportar eventos extremos	3
Mantenimiento de obras hidráulicas	4
Total	9
Promedio	3

Anexo 46. Evaluación de la vulnerabilidad ecológica

Variable	Promedio por variable
Agricultura migratoria	3
Deforestación	1
Erosión hídrica	3
Total	7
Promedio	2,3

Anexo 47. Ejemplo de guía de entrevista

Entrevista aplicable a instituciones, informantes claves y expertos, Microcuenca La Soledad, Valle de Ángeles

- A. Información general
- B. Tipos de vulnerabilidad

1. Vulnerabilidad educativa

1. ¿Cuál es el número de estudiantes?
2. ¿Tiene una cifra aproximada y/o porcentaje de población que sabe leer y escribir?
3. ¿Número aproximado de charlas al año de educación ambiental que dan los maestros de la comunidad y profesionales de otras instituciones que operan en la comunidad?
4. ¿Cuántos programas radiales de información ambiental se escuchan por día en su comunidad?
5. ¿Cuántos productores o porcentaje de estos son capacitados por año en aspectos de asistencia técnica de producción agrícola y manejo de cuencas?
6. ¿Cuál es el porcentaje de población que recibe capacitación en prevención de desastres?

2. Vulnerabilidad institucional

7. ¿Cuál es el porcentaje de planes de prevención ejecutados?
8. ¿Porcentaje de técnicos o personal de la institución capacitados por año y en que temas?
9. ¿Cuál es el nombre de instituciones gubernamentales y privadas presentes en la zona?

3. Vulnerabilidad social

10. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de metas cumplidas como producto de la coordinación interinstitucional?
11. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de la población que identifica a líderes comunales en la toma de decisiones?
12. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de grado organizativo de la organización social comunitaria?

4. Vulnerabilidad política

13. ¿Cuál es el porcentaje aproximado del apoyo económico, técnico y social que da el estado para el desarrollo proyectos comunales?
14. ¿Cuál es el porcentaje de aplicación de leyes por la construcción inadecuada de viviendas en zonas de riesgo a inundaciones?

5. Vulnerabilidad económica

15. ¿Cuál es el ingreso promedio diario, mensual o anual de la población económicamente activa de la comunidad?
16. ¿Cuáles son las principales actividades de trabajo que se realizan en la comunidad?
17. ¿Cuál es el valor promedio de la manzana de tierra para cultivo y de predios para construcción de viviendas en la comunidad?

6. Vulnerabilidad ideológica

18. ¿Cuáles son las amenazas latentes y el grado de las mismas en períodos lluviosos que pueden afectar a la comunidad?
19. ¿Cuándo se han presentado inundaciones a que horas del día han ocurrido los mayores daños y si es por la mañana, tarde o noche a qué hora son más peligrosas a su manera de ver?
20. ¿Cuál es el porcentaje de la población que es pasiva ante una inundación como la del Mitch?
21. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de la población dispuesta a colaborar ante una amenaza a inundación?

7. Vulnerabilidad física

22. ¿Con qué frecuencia se han producidos los mayores daños por inundación?
- Varias veces al año
 - Cada año
 - Cuando ocurren huracanes
 - Provocado por Mitch
23. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de viviendas construidas con materiales resistentes a inundaciones (adobe, ladrillo, sobrecimiento, pilotes, zócalo, aceras, número de puertas)?
24. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de daños de las carreteras cuando se presentan períodos prolongados de lluvia?
25. ¿Cuál es el porcentaje de daños en las líneas de servicios básicos de agua (potable y aguas servidas) y energía eléctrica, ocasionados por Mitch?
26. ¿Cuántas viviendas fueron dañadas por inundaciones ocasionadas por Mitch?
27. ¿Cuándo ocurrió el Mitch qué cultivos se dañaron y cuántas manzanas de área cultivada?
28. ¿A su manera de ver que relación se presenta entre los fenómenos de deslizamiento e inundación?

8. Vulnerabilidad técnica

29. ¿Cuál es el porcentaje del estado de puentes y obras hidráulicas construidos y su funcionalidad?
30. ¿Cuál es el porcentaje aproximado de estructuras físicas con técnicas de construcción en zonas de riesgo a inundaciones?
31. ¿Con qué frecuencia se aplica mantenimiento a puentes y obras hidráulicas?

9. Vulnerabilidad ecológica

32. ¿Cuál es el porcentaje del área con agricultura sin conservación de suelos?

33. ¿Cómo se puede calificar la erosión hídrica?

- Muy fuerte
- Fuerte
- Moderada
- Baja
- Muy baja

34. Hacer una breve descripción de los daños producidos por Mitch en el sitio. Los daños más comunes son:

- a. Pérdidas de vidas humanas
- b. Daño o destrucción de viviendas como puentes, caminos, bordos, estaciones de bombeo, etc
- c. Incomunicación
- d. Destrucción de líneas vitales
- e. Pérdidas de cultivos o tierras agrícolas

35. Tratar de encontrar la causa de los daños:

- Socavación de márgenes
- Desbordamiento
- Falla de una estructura hidráulica, ej un puente
- Invasión de planicies de inundación

36. Sugerir alguna solución:

- Reubicación de casas, estructuras, cultivos.
- Establecer un retiro obligatorio del río
- Reestablecer el cauce original
- Refuerzo de la estabilidad del cauce con enrocamiento (rip rap), espigones, gaviones, etc., especialmente en curvas cóncavas del río.
- Corte de meandros
- Reconstrucción de puentes y vados

Gracias por su colaboración