



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

TEMA:

**“APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MUSKINGUM (MODELO
HIDROLÓGICO) EN EL PRONÓSTICO DE CRECIENTES E
INUNDACIONES EN LA ZONA QUEVEDO – MOCACHE”**

AUTORAS:

**MAIRA PILAR ENRÍQUEZ MUGUERZA
MARÍA LORENA ENRÍQUEZ MUGUERZA**

DIRECTOR:

ING. JORGE NEIRA MOSQUERA

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2010-2011



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

Tesis de Grado presentada al Honorable Consejo Directivo
Como requisito previo a la obtención del Título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

TEMA:

**“APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MUSKINGUM (MODELO
HIDROLÓGICO) EN EL PRONÓSTICO DE CRECIENTES E
INUNDACIONES EN LA ZONA QUEVEDO – MOCACHE”**

APROBADO:

**ING. LUIS MALES R.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**ING. ELIAS CUASQUER F.
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL**

**ING. CÉSAR CEVALLOS C.
INTEGRANTE DEL TRIBUNAL**

CERTIFICACIÓN

El suscrito Director de la Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, **CERTIFICA** que las egresadas: Enríquez Muguerza Maira Pilar y Enríquez Muguerza María Lorena realizaron el trabajo de investigación titulado: “Aplicación del Método de Muskingum (Modelo Hidrológico) en el Pronóstico de Crecientes e Inundaciones en la zona Quevedo – Mocache”. Habiendo cumplido con todos los requisitos necesarios.

Autorizo a las interesadas hacer uso de este certificado en el caso que creyeren conveniente.

Ing. Met. Jorge Neira M.

DIRECTOR DE TESIS

RESPONSABILIDAD

La responsabilidad de esta investigación, que incluye sus resultados, conclusiones y recomendaciones les pertenecen exclusivamente a las autoras.

Maira Enríquez M.

Lorena Enríquez M.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Ing. Jorge Neira por su orientación en el desarrollo del presente trabajo y por su confianza para la realización del mismo.

A los amigos que siempre han estado con nosotras porque cuando más los necesitamos nos demostraron que podíamos contar con ellos.

A todas esas personas que empezaron siendo compañeros y hoy son nuestros amigos.

A nuestra familia y en especial a nuestros hermanos, y a las personas que hicieron posible este proyecto.

Quizás estos años de universidad no han sido los mejores, pero han estado llenos de obstáculos superados y metas cumplidas, gracias a que siempre hemos tenido gente que nos ha apoyado y ayudado incondicionalmente.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a nuestra familia y amigos.

Maira y Lorena.

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
A. ANTECEDENTES	3
B. JUSTIFICACIÓN	4
C. OBJETIVOS	5
1. GENERAL	5
2. ESPECÍFICOS	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
A. CUENCA DEL RÍO GUAYAS	6
1. SISTEMAS HIDROGRÁFICOS DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS	7
B. FENÓMENOS NATURALES	8
1. FENÓMENOS NATURALES PELIGROSOS	9
2. FENÓMENOS ADVERSOS NATURALES	9
3. CLASIFICACIÓN DE LOS FENÓMENOS NATURALES	10
C. FENÓMENOS ADVERSOS ANTROPOGÉNICOS	10
1. CLASIFICACIÓN DE LOS FENÓMENOS ANTROPOGÉNICOS	11
D. EVENTOS PREVISIBLES Y NO PREVISIBLES	12
1. PREVISIBLES	12
2. NO PREVISIBLES	12
E. DESASTRE	13
1. FASES DE UN DESASTRE	13
2. DESASTRES NATURALES	14
F. INUNDACIÓN	16
1. PRINCIPALES FACTORES QUE INCIDEN EN LAS INUNDACIONES	17
2. DESARROLLO DE UNA INUNDACIÓN	18
3. CAUSAS	19
4. TIPOS DE INUNDACIONES	20
5. PRINCIPALES DAÑOS OCASIONADO POR LAS INUNDACIONES	21
6. EFECTOS DE LAS INUNDACIONES	21
7. POSIBILIDAD DE PREDICCIÓN	23
8. CRECIENTES	25
9. PRECIPITACIONES	25
10. EVENTOS ADVERSOS RELACIONADOS A INUNDACIONES	27
11. PRONÓSTICO	34
G. RIESGO	35
1. CONSTRUCCIÓN DEL RIESGO	35
H. MÉTODO DE MUSKINGUM	44

III. MATERIALES Y MÉTODOS	46
A. LOCALIZACIÓN DEL AREA ESTUDIO.....	46
1. MATERIALES DE CAMPO	47
2. MATERIALES DE OFICINA.....	47
B. METODOLOGÍA	48
1. ANÁLISIS DE LA SERIE DE DATOS HIDROLÓGICOS DE LAS ESTACIONES.....	
HIDROMÉTRICAS QUEVEDO EN QUEVEDO, BABA Y VINCES.....	48
2. UTILIZACIÓN DEL MÉTODO	51
a. MÉTODO DE MUSKINGUM	51
b. TRÁNSITO DE AVENIDAS MÉTODO DE MUSKINGUM	53
c. PROCESO DE TRÁNSITO DE CAUDALES EN EMBALSES O CAUCES	54
d. ALMACENAMIENTO EN UN TRAMO DE CAUCE DURANTE EL TRANSITO DE UNA.....	
AVENIDA	54
3. DISTRIBUCIÓN DE GUMBEL	55
IV. RESULTADOS	61
A. APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MUSKINGUM.....	74
1. METODO PRÁCTICO PARA EVALUACIONES	80
2. PERIODO DE RETORNO LEY DE GUMBEL.....	80
V. DISCUCIÓN	83
VI. CONCLUSIONES	85
VII. RECOMENDACIONES.....	86
VIII. RESUMEN	87
IX. SUMMARY.....	88
X. BIBLIOGRAFÍA	89
XI. ANEXOS	92

A. Pichilingue Precipitación (mm) Medias Mensuales
B. Quevedo Caudales (m³s) Medias Mensuales
C. Cálculos para determinar la norma de la Estación Quevedo en Quevedo
D. Segunda Aproximación Abril Baba 1998
E. Calibración de los parámetros de rutina segunda aproximación
F. Caudal de entrada y salida en el modelo Muskingum segunda aproximación
G. Tercera Aproximación Abril Baba 1998
H. Calibración de los parámetros de rutina tercera aproximación
I. Caudal de entrada y salida en el modelo Muskingum tercera aproximación
J. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum primera aproximación
K. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum primera aproximación
L. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum segunda Aproximación
M. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum segunda Aproximación
N. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum tercera Aproximación

- Ñ. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum tercera Aproximación
- O. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum cuarta Aproximación
- P. Caudal de entrada al río Quevedo normado por el método de Muskingum tercera aproximación
- Q. Mapa caudales medios del sistema Baba-Vinces
- R. Mapa base Sistema Hídrico
- S Mapa de Isoyetas Media Multianual
- T. Mapa de Isoyetas Fenómeno El Niño 97-98
- U. Mapa de Isotermas Media Multianual
- V. Mapa de Isotermas Fenómeno El Niño 97-98
- W. Mapa de ETP Media Multianual
- X. Mapa de ETP Fenómeno El Niño 97-98
- Y. Mapa del área de estudio de la zona inundable

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las precipitaciones según la cantidad de agua que recibe la tierra...	26
Tabla 2. Sectores Sociales.....	33
Tabla 3. Infraestructura.....	33
Tabla 4. Sectores económicos.....	34
Tabla 5. Esfuerzos de mitigación y recursos para la emergencia.....	34
Tabla 6. Gestión del riesgo.....	42
Tabla 7. Estaciones Hidrológicas.....	48
Tabla 8. Porcentajes de precipitación y caudal.....	61
Tabla 9. Datos promedios de Caudal y Precipitación de las estaciones Quevedo y Pichilingue periodo 1982-2006.....	61
Tabla 10. Caudales medios de máximas crecidas.....	62
Tabla 11. Datos de precipitación Fenómeno El Niño.....	63
Tabla 12. Datos de temperatura Fenómeno El Niño.....	65
Tabla 13. Caudales medios anuales del río Quevedo en Quevedo y sus límites de confianza.....	67
Tabla 14. Caudales anuales de máxima crecida del río Quevedo en Quevedo periodo 1982-2006.....	69
Tabla 15. Comparativo fenómeno El Niño años 1983-1998.....	70
Tabla 16. Primera aproximación abril Baba 1998.....	75
Tabla 17. Calibración de los parámetros de rutina primera aproximación.....	76
Tabla 18. Cuarta aproximación Abril Baba 1998.....	78
Tabla 19. Calibración de los parámetros de rutina cuarta aproximación.....	79
Tabla 20. Datos de entrada para el cálculo de los periodos de retorno.....	81
Tabla 21. Periodos de Retorno.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 tipos de amenaza.....	39
Fig. 2 Localización del área de estudio en el Ecuador.....	46
Fig. 3 Localización del área de estudio en la Provincia.....	46
Fig. 4 Almacenamiento por prisma y por cuña en un tramo del cauce.....	53
Fig. 5 Evolución de un hidrograma.....	54
Fig. 6 Almacenamiento en un tramo del cauce durante el tránsito de una avenida.....	54
Fig. 7 Almacenamiento durante el paso de una avenida.....	55
Fig. 8 Variación del caudal con la precipitación en Quevedo.....	56
Fig. 9 Precipitación Fenómeno El Niño 97-98.....	64
Fig.10 Temperatura Fenómeno El Niño 97-98.....	65
Fig. 11 Caudales promedios anuales rio Quevedo.....	68
Fig. 12 Caudales anuales de máxima crecida.....	70
Fig. 13 Comparativo Fenómeno El Niño 1983/1998.....	71
Fig. 14 Normalización de la serie de caudales primera aproximación.....	72
Fig. 15 Normalización de la serie de caudales segunda aproximación.....	72
Fig. 16 Normalización de la serie de caudales tercera aproximación.....	73
Fig. 17 Normalización de la serie de caudales cuarta aproximación.....	73
Fig. 18 Caudal de entrada y salida en el modelo de Muskingum primera aproximación.....	77
Fig. 19 Caudal de entrada y salida en el modelo Muskingum cuarta aproximación.....	80
Fig. 20 Logarítmica con un ajuste casi perfecto del 99%.....	82

I. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son el tipo más común de los desastres en todo el mundo, estimándose que constituye el evento adverso de mayor devastación y letalidad entre los fenómenos de origen natural, donde el número de fallecidos es superado solamente por los terremotos. Las inundaciones representan aproximadamente el 40% de las víctimas de los desastres naturales y los mayores daños en las infraestructuras de los países de la región. Esto es reforzado por el hecho de que más de la mitad de la población mundial vive en las costas y a lo largo de ríos y estuarios.

Los desastres relacionados con ríos o invasión de aguas del mar no deben ser analizados únicamente desde el punto de vista de la ocurrencia como fenómeno natural anómalo. En la mayoría de los casos este tipo de evento está relacionado con aspectos socioeconómicos, como la utilización inapropiada de la tierra, la urbanización y las formas de vida, la deforestación, la erosión de los suelos, e inadecuado manejo de la basura.

El agua que producen las inundaciones proviene de una mínima fracción que pertenece al ciclo hidrológico, apenas el 0,26% del 2,5% es agua dulce. Esto da una idea del poder destructivo, especialmente cuando el ser humano interviene en su ciclo natural.

(Programa PED/ ECU, 2004).

En Ecuador, el crecimiento de la población conlleva a más urbanización, mayor número de poblados marginales y, por tanto, mayor degradación del ambiente. Estos factores pueden incrementar la gravedad de los desastres naturales (inundaciones).

Es así que en la época lluviosa aumentan las pérdidas de vidas humanas, económicas, agrícolas y de infraestructura, dado que en el país no existen programas para prevenir y reducir riesgos. Muchos de los desastres se derivan entonces de los cambios provocados en el ambiente a partir de un modelo de

desarrollo que no ha tomado en cuenta la necesidad de considerar la sustentabilidad ecológica.

Por otra parte y por los perjuicios que producen las inundaciones en llanuras aluviales es, a veces, menos costoso reducir los riesgos mediante obras de encauzamiento, corrección de cauces, defensa de márgenes y sistemas de drenaje. Para estudiar las obras de laminación, desagüe y defensa contra crecidas, es necesario conocer lo mejor posible, los cauces máximos previsibles, las alturas alcanzadas por las aguas, la frecuencia de crecidas y el hidrograma completo de crecida para diferentes tiempos de recurrencia. (Heras, 1976).

Entre las provincias de la región costa una de las más afectadas en cuanto a desbordamientos es la Provincia de Los Ríos, debido a que constantemente soporta graves inundaciones que principalmente afectan a actividades productivas (agrícola-ganadera), y también a un gran número de personas que habitan en zonas consideradas de riesgo.

A. ANTECEDENTES

La necesidad de establecer sistemas de alerta de inundaciones en la provincia de Los Ríos ha sido entendida por la cooperación internacional, en este caso concreto por la Comisión Europea (ECHO), a través del Proyecto DIPECHO (Reducción de la vulnerabilidad frente a riesgos de inundación), ejecutado por el Consorcio de ONG,s italianas CRIC (Centro Regionale d' Intervento per la Cooperazione), CISP (Comitato Internazionale per lo Sviluppo dei Popoli) y TERRANUOVA en el ámbito del tercer Plan de acción Dipecho para la comunidad Andina, el mismo que en el periodo seco del año 2005 a través de una consultoría logro establecer una red de estaciones hidrométricas con la finalidad de tomar datos de niveles de corriente superficial y precipitación para establecer un modelo hidrológico en la prevención de las inundaciones en los cantones Quevedo, Mocache y Palenque.

El registro de datos de niveles y cantidad de precipitación (lluvia), se inició en el mes de enero del año 2006. Las estaciones en mención, se encuentran ubicadas en: Puente Pantalonna en el Río San Pablo en el Cantón Valencia, Puente Camarones, Río Baba, Cantón Valencia, Defensa Civil, Río Quevedo en Quevedo, Defensa Civil Mocache, en Mocache, Comuna San Nicolás, en el Río Quevedo, Cantón Mocache y Comuna 24 de Mayo, Río Quevedo, Cantón Mocache.

B. JUSTIFICACIÓN

En la última década la presencia de asentamientos humanos en zonas de influencia de fenómenos naturales ha provocado desastres que no sólo han afectado a las personas que se encontraban en sectores de riesgo, sino a toda la economía del país. El Ecuador ha tenido que organizarse a través de los años para atender las diferentes situaciones de emergencias que con frecuencia se presentan en alguna parte de la geografía nacional. (Proyecto Dipecho 2005).

En la actualidad con la creación de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos se promueve la integración de la gestión de riesgos a los diferentes procesos de planificación y desarrollo, a fin de que con la prevención temprana frente a amenazas como los desastres de origen natural o conflictos sociales se permita asegurar mejores beneficios para los ecuatorianos.

En la provincia de Los Ríos los periodos lluviosos intensos y el Fenómeno El Niño que se presenta cíclicamente han ocasionado grandes pérdidas económicas. Por lo que es necesario y acorde a los requerimientos establecidos en la Constitución 2008 en el titulo VII artículos 389 y 390 específicos sobre gestión de riesgos, plantear la aplicación de un método (modelo hidrológico) para el pronóstico de crecientes e inundaciones en la zona Quevedo-Mocache.

Al lograr una adecuada gestión de riesgos se aportará significativamente a la transformación del Ecuador, desde una misión que apunta a salvaguardar la vida de las personas y mejorar las condiciones en las que se origina desarrollo en el país, a través de la generación de capacidades para enfrentar de mejor manera los potenciales riesgos de desastres a los que está expuesto el territorio nacional. (Propuesta de Estrategia Nacional Para la Reducción de Riesgos y Desastres Noviembre 2008 (en línea) disponible en <http://www.stgestionriesgos.gov.ec/>).

C. OBJETIVOS

1. GENERAL

- Aplicar el método de Muskingum (modelo hidrológico) en el pronóstico de crecientes e inundaciones en la zona Quevedo-Mocache, contribuyendo a la reducción de los efectos provocados por las inundaciones, a través del sistema de alerta temprana.

2. ESPECÍFICOS

- Establecer los caudales de máximas crecidas y su periodicidad. (primera aproximación).
- Verificar la efectividad del método de Muskingum para el pronóstico de crecientes e inundaciones.
- Proponer un método práctico que permita evaluaciones posteriores.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. CUENCA DEL RÍO GUAYAS

Se denomina "Cuenca del Guayas" a una extensa área del litoral ecuatoriano drenada por el Río Guayas y sus numerosos tributarios. Esta zona cubre más de 34000 kilómetros cuadrados y está comprendida entre las mesetas de Santo Domingo de los colorados, por el Norte: las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, en una extensión aproximada de 300 kilómetros, por el Oriente, los cerros de Conguillo, Convento, Puca, Pucón, Paján, Chongón - Colonche por el oeste, y la amplia desembocadura del Río Guayas y otros ríos de la cuenca en el Golfo de Guayaquil, por el Sur.

El eje hidrográfico de la cuenca está constituido por los ríos Daule, Vinces y Babahoyo, los cuales confluyen en el Guayas al norte de la ciudad, siendo este el río más grande e importante del litoral occidental sudamericano, pues descarga, anualmente unos 30000 millones de metros cúbicos de agua, como promedio, luego de drenar la vasta zona geográfica ya señalada.

El deficiente drenaje de los suelos y la pérdida progresiva de capacidad de evacuación de los ríos dan lugar a inundaciones que afectan una gran zona, cuya extensión varía entre 300000 hectáreas, en períodos de recurrencia de uno en mil años, y 80000 hectáreas en períodos de retorno de uno en veinte años. A su vez, la marea de origen oceánico penetra hasta aproximadamente 80 kilómetros al norte de Guayaquil en el verano y hasta 40 kilómetros en el invierno.

El clima de la zona es casi homogéneo y su temperatura media se sitúa entre 23 y 27 grados centígrados. Un hecho característico de la cuenca es que, pese a tener clima tropical, éste no es tan riguroso como en las latitudes similares de otros continentes, debido al carácter "tropandino" del área. Este carácter le está dado por la presencia de la Cordillera de los Andes, que modifica las condiciones climáticas de la región.

Desde el punto de vista de la división político-administrativa, la región abarca territorios parciales o totales de nueve de las veinticuatro provincias ecuatorianas: Guayas, Los Ríos, Manabí, Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Cañar y Azuay. A su vez, las provincias de Guayas y Los Ríos representan juntas el 48% de la superficie de la cuenca y el 72% de su población.

1. Sistemas hidrográficos de la Cuenca del Río Guayas

Los principales sistemas que se sitúan en la cuenca son los correspondientes a los ríos Daule y Babahoyo. El sistema del Río Daule está situado hacia la parte occidental de la cuenca. Su eje es el Río Daule, que tiene una longitud aproximada de 240 kilómetros. Los orígenes del Daule, así como de sus primeros afluentes, el Pupusá y el Peripa, se encuentran en la Provincia de Pichincha, al sudoeste de Santo Domingo de los Colorados. Otro de los tributarios del Daule, el Palenque o Quevedo, se origina también en las estribaciones de la Cordillera Occidental de los Andes, al suroeste de la Provincia de Cotopaxi.

El otro sistema principal de la cuenca es el correspondiente al Río Babahoyo, situado en su parte oriental. El cauce básico del Babahoyo está proporcionado por el Río Chimbo, cuyos orígenes se hallan en la Provincia de Bolívar y que recibe como afluente al Pangor, procedente de la zona andina de la provincia de Chimborazo. En su cauce medio, el Babahoyo recibe como afluentes a varios ríos importantes que, a su vez, forman subsistemas hidrográficos; entre ellos:

El Río Vinces, cuyos orígenes se hallan en la mesetas de Santo Domingo, y que tiene como afluentes principales: el Bobo, el Toachi Grande, el Lulú Grande, el Lulú Chico, el Quindigua y el San Pablo, y los esteros La Garza, Peñafiel y Pisco. En su trecho final, el Vinces confluye con el Macul y forma un intrincado laberinto fluvial que participa del sistema del Babahoyo y también del correspondiente al Daule.

Los numerosos ríos que conforman la cuenca hidrográfica del Guayas disminuyen sus caudales en verano pero los acrecientan significativamente en invierno, provocando inundaciones no bien controladas por los muros de contención existentes. Sin embargo, es muy importante los nutrientes que estos aportan regularmente a las extensas tierras bajas de la zona, convertidas por ello en el área productiva más importantes del país.

(La cuenca del Guayas: Gran Reserva Nacional. (en línea) disponible en <http://www.icm.espol.edu.ec/home/alumnos/herraez/Guayaquil.htm>).

B. FENÓMENOS NATURALES

Es toda manifestación de la naturaleza. Se refiere a cualquier expresión que adopta la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno. Los fenómenos naturales de extraordinaria ocurrencia pueden ser previsibles o imprevisibles dependiendo del grado de conocimiento que los seres humanos tengan acerca del funcionamiento de la naturaleza.

La ocurrencia de un "fenómeno natural" sea ordinario o incluso extraordinario (mucho más en el primer caso) no necesariamente provoca un "desastre natural". Entendiendo que la tierra está en actividad, puesto que no ha terminado su proceso de formación y que su funcionamiento da lugar a cambios en su faz exterior, los fenómenos deben ser considerados siempre como elementos activos de la geomorfología terrestre.

Así, una lluvia torrencial, y avenidas pueden ocasionar erosiones o sedimentaciones cambiando el paisaje natural, pero estos resultados no pueden considerarse desastrosos o catastróficos. El ser humano debe aceptar que está conviviendo con la naturaleza viva, que tiene sus propias leyes de funcionamiento contra las cuales no puede atentar, a riesgo de resultar el mismo dañado.

Todo lo anterior indica que los efectos de ciertos fenómenos naturales no son necesariamente desastrosos. Lo son únicamente cuando los cambios

producidos afectan una fuente de vida con la cual el ser humano contaba o un modo de vida realizado en función de una determinada geografía.

Inclusive, a pesar de ello, no se podría asociar "fenómeno natural" con "desastre natural". Los fenómenos naturales no se caracterizan por ser insólitos, más bien forman conjuntos que presentan regularidades y están asociados unos con otros.

1. Fenómenos Naturales Peligrosos

No todo fenómeno es peligroso para el ser humano. Por lo general se convive con ellos y forman parte del ambiente natural. Por ejemplo, lluvias de temporada, pequeños temblores, crecida de ríos, vientos, etc. Algunos fenómenos, por su tipo y magnitud así como por lo sorpresivo de su ocurrencia, constituyen un peligro. Un sismo de considerable magnitud, lluvias torrenciales continuas en zonas ordinariamente secas, un huracán, rayos, etc. sí pueden ser considerados peligrosos.

El peligro que representa un fenómeno natural puede ser permanente o pasajero. En todos los casos se le denomina así porque es potencialmente dañino. (Romero G. Y Maskrey A. 1993. Como Entender los Desastres Naturales (en línea) disponible en [http:// www.desenredando.org/index.html](http://www.desenredando.org/index.html).).

2. Fenómenos Adversos Naturales

El Ecuador debido a su ubicación geográfica en el planeta, se encuentra amenazado por la acción de varios fenómenos o eventos geológicos como: sismos, erupciones volcánicas e inestabilidad de terrenos; Hidrometeorológicos como: inundaciones resultado de periodos de lluvias extraordinarias, marejadas o fenómenos "El Niño", sequías, granizadas, heladas, vientos huracanados.

3. Clasificación de los Fenómenos Naturales

a. Derivados de Eventos Geológicos:

-  Erupciones Volcánicas
-  Sismos
-  Tsunamis
-  Terrenos inestables

b. Eventos Hidrometeorológicos:

-  Sequías
-  Inundaciones: por exceso de lluvias, desbordamiento de ríos, esteros y marejadas
-  Tormentas Eléctricas
-  Vientos Huracanados
-  Granizadas
-  Heladas

C. FENÓMENOS ADVERSOS ANTROPOGÉNICOS

La actividad humana ha generado y actualmente genera eventos como: deforestación, incendios forestales, migración, derrames de petróleo, contaminación del agua superficial y subterránea, que pueden desencadenar desastres.

Estos eventos dependiendo de la magnitud y frecuencia, constituyen los principales factores que frenan el desarrollo de un país. Los desastres generalmente son consecuencia de las condiciones socioeconómicas de la población, crecimiento urbano desordenado que ha ocasionado la ocupación de zonas susceptibles de sufrir daños por la ocurrencia de fenómenos naturales o generados por la actividad humana.

El proceso de expansión urbana-rural, en la mayoría de los casos se la realiza sin la debida planificación, por lo que un alto porcentaje de la población carece de servicios básicos.

Algunos de los daños producidos como consecuencia de eventos naturales o generados por la actividad humana, se constituyen en eventos adversos, los mismos que podrían ser evitados si se respetaran las normas y principios elementales de convivencia entre el ser humano y la naturaleza.

1. Clasificación de los Fenómenos Antropogénicos

a. Principales eventos antrópicos en el ambiente:

- Erosión de los suelos agrícolas.
- Deforestación agresiva de áreas con bosque primario, áreas protegidas y parques nacionales.
- Cacería indiscriminada de especies en peligro.
- Contaminación del agua, tierra y aire a causa de actividades de explotación minera artesanal (Provincias de El Oro, Loja y Zamora.).
- Contaminación por uso indebido de químicos en la agricultura (pesticidas, plaguicidas, etc.).
- Contaminación de las aguas por uso indiscriminado de químicos en la industria camaronera, o por aguas servidas y desechos no biodegradables sólidos y líquidos vertidos directamente a los ríos o al mar.

b. Eventos sociales:

- Incendios
- Propagación de enfermedades
- Delincuencia
- tráfico de drogas
- Terrorismo

- Corrupción
- Descomposición Social
- Adicción

(<http://www.defensacivil.gov.ec/does/fenomenos/antropicos/naturales>. actualmente secretaría nacional de gestión de riesgos)

D. EVENTOS PREVISIBLES Y NO PREVISIBLES

1. Previsibles

Corresponde a todos los fenómenos de carácter natural, socionatural o antrópico, cuyas características permiten la vigilancia y seguimiento del fenómeno, de tal forma que es posible conocer con cierto nivel de certeza en que periodos de tiempo se pueden desencadenar eventos potencialmente peligrosos. Lo anterior depende del conocimiento de las variables físicas que determinan el comportamiento del fenómeno y la presencia de instrumentos de evaluación y monitoreo que permiten conocer la evolución del mismo, hasta permitir la realización de pronósticos o predicciones temporales sobre su acción y posibles efectos.

Como ejemplo de eventos previsibles se pueden mencionar las inundaciones ya que es posible deducir del monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas y del comportamiento de los cauces, la mayor o menor probabilidad de generarse una inundación sobre una área determinada.

2. No Previsibles

Corresponde a todos los fenómenos de carácter natural que son de aparición súbita, es decir que suceden sin previo aviso y no tienen parámetros específicos de monitoreo que permitan establecer su tiempo de ocurrencia y zonas de afectación. En esta categoría entran los sismos, aunque se conocen por estudios las zonas de amenaza sísmica, no es posible conocer con exactitud cuál será la fuente sísmica que produzca el próximo movimiento, la magnitud del mismo y su área de afectación.

(Guía para activación del sistema de alerta temprana en la cuenca del río Quevedo CRIC-CISP-TERRA NUOVA 2005).

E. DESASTRE

Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona, o comunidad afectada, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada.

Estas alteraciones están representadas de forma diversa y diferenciadas, entre otras cosas, por las pérdidas de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos, así como daños severos en el ambiente; requiriendo de una respuesta inmediata para atender a los afectados y reestablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida. (Cuaderno Guía para la Formulación de Agendas de Recuperación Temprana Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –UNDP 2007).

1. Fases de un Desastre

a. Etapa Prepatente.- Es antes de empezar o manifestarse el fenómeno. Los desastres en su fase prepatente aún no se han desarrollado como tal, es la fase cuando una comunidad cuenta con los factores de riesgo para desencadenar el desastre. Los factores de riesgo están interactuando entre sí en diferentes grados de intensidad. Estos factores en muchos casos pueden ser predecibles y hasta controlables. Esta fase se enfrenta o atiende con la previsión (incluye el análisis situacional), prevención (a nivel internacional se le llama mitigación) y preparación (incluye la educación y la adquisición de logística).

b. Etapa Patente.- Es cuando se propicia la concausalidad de los factores de riesgo y se desarrolla el fenómeno, impactando a la comunidad. Esta fase se enfrenta con la atención del fenómeno y su impacto.

c. Etapa Consecuencial.- Culmina o cede el fenómeno y se pueden apreciar con certeza las consecuencias del impacto. Cesa el efecto y queda el estigma del impacto o las pérdidas. Esta fase se enfrenta con la Recuperación o Rehabilitación y se comienza nuevamente en la fase Prepatente. (Ríos. S. Los Desastres 2005 (en línea) disponible en <http://www.aporrea.org/actualidad/a13255>).

2. Desastres Naturales

Es la correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (como situación económica precaria, viviendas mal construidas, tipo de suelo inestable, mala ubicación de la vivienda, etc.) En otras palabras, se puede decir que hay un alto riesgo de desastre si uno o más fenómenos naturales peligrosos ocurrieran en situaciones vulnerables. (Romero G. y Maskrey A. 1993. como entender los desastres naturales (en línea) disponible en <http://www.desenredando.org/index.html>).

Es decir, se denomina desastre natural sólo cuando el problema social o económico es detonado por un fenómeno de la naturaleza. Loe Golden dice “un peligro latente se convierte en desastre si ocurre donde vive gente”. Las consecuencias de los desastres naturales no deben mirarse únicamente desde el punto de vista de las vidas que se pierden, sino también desde el punto de vista económico, pues constituyen un obstáculo para el desarrollo económico y social de la región, especialmente en los países en desarrollo. (www.portalplanetasedna.com.ar/desastres01.htm).

a. Causas de un desastre natural

Las principales causas que dan origen a los desastres naturales es el cambio en las placas tectónicas y el clima, es decir, los cambios mismos de la naturaleza, pero las actividades que tiene el ser humano en su desarrollo tanto como sociedad o individuo han contribuido que el clima cambie de una manera descontrolada.

b. Consecuencias y efectos de los desastres naturales

A pesar de la tecnología que el ser humano ha sido capaz de desarrollar a lo largo de su historia, sigue siendo completamente vulnerable a los desastres naturales, debido a su magnitud, cada vez que ocurren, se pierde gran cantidad de recursos tanto humanos, económicos y materiales que en ocasiones pueden ser totalmente irrecuperables para las comunidades afectadas.

1. Pérdidas humanas

En cuanto a las pérdidas humanas, los recuentos de los daños arrojan cifras muy grandes de muertos, heridos y desaparecidos, no solo durante el desastre natural, sino después de que este ocurre, debido a que los brotes de enfermedades se incrementan, la comida y el agua, escasean. Mientras más tiempo tarde una comunidad o un país en recuperarse, más expuesto se ve a que esto ocurra, ya que muchas familias se quedan sin empleo y por tanto sin comida, además de que otras pierden todas sus posesiones materiales, y los lugares en los que vivían después de que ocurrió el desastre están destruidos o no existen.

2. Pérdidas de recursos naturales y económicos

Los desastres naturales, además de causar pérdidas humanas, también provocan pérdidas materiales y económicas. El problema no es la pérdida de dinero en sí, sino la desproporción en la que los países se ven afectados respecto a su producto interno bruto, ya que los pueblos en desarrollo sufren

más las bajas que los ricos. Esto hace vulnerables a las entidades en vías de desarrollo, exponiéndolos a la creciente pobreza. (Los Desastres Naturales Y sus Consecuencias (en línea) disponible en <http://www.temas-estudio.com/desastres-naturales/>).

Los efectos que puede causar un desastre varían dependiendo de las características propias de los elementos expuestos y de la naturaleza del evento mismo. El impacto puede causar diferentes tipos de alteraciones. En general pueden considerarse como elementos bajo riesgo, la población, el ambiente y la estructura física representada por la vivienda, la industria, el comercio y los servicios públicos.

Los efectos pueden clasificarse en pérdidas directas e indirectas. Las pérdidas directas están relacionadas con el daño físico, expresado en víctimas, en daños en la infraestructura de servicios públicos, en las edificaciones, el espacio urbano, la industria, el comercio y el deterioro del ambiente, es decir, la alteración física del hábitat.

Las pérdidas indirectas generalmente pueden subdividirse en efectos sociales tales como la interrupción del transporte, de los servicios públicos, de los medios de información y la desfavorable imagen que puede tomar una región con respecto a otras; y en efectos económicos que representan la alteración del comercio y la industria como consecuencia de la baja en la producción, la desmotivación de la inversión y la generación de gastos de rehabilitación y reconstrucción. (Romero G. Y Maskrey A. 1993. Como Entender los Desastres Naturales (en línea) disponible en [http:// www.desenredando.org/index.html](http://www.desenredando.org/index.html)).

F. INUNDACIÓN

La inundación es un evento natural y recurrente para un río. Es el resultado de lluvias fuertes y continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y el volumen de carga de los ríos, riachuelos, lagos, lagunas, esteros, humedales y áreas costeras. De todos los riesgos naturales, las inundaciones ocurren con más frecuencia y son los más extendidos en espacio y severidad,

además que varían de acuerdo con las diferentes características hidrológicas de los ríos. Por otro lado, las inundaciones son el desastre que mayores daños y pérdidas ocasionan, afectando a personas, bienes y servicios con la consecuente alteración de economías y sociedades. (Programa PED/ ECU, 2004).

Las condiciones meteorológicas intervienen en muchos de los fenómenos naturales que pueden producir desastres. Las inundaciones son los más comunes, están pueden ser previsibles o inesperadas las primeras son aquellas que ocurren todos los años, en un periodo determinado y se originan cuando las descargas de agua son mayores que las previstas. Las segundas dependen de la intensidad y de la época se producen cuando ocurre el fenómeno El Niño. (Autoprotección Ciudadana Gestión del Riesgo DEFENSA CIVIL DEL ECUADOR 2004).

1. PRINCIPALES FACTORES QUE INCIDEN EN LAS INUNDACIONES

Existen algunas características de la geografía que inciden en la presencia de inundaciones, entre las que destacan:

- Clima de la región. Precipitaciones.
- Hidrología, características de la cuenca y la extensión de las inundaciones recurrentes.
- Topografía o pendiente del terreno, especialmente su horizontalidad.
- Geomorfología, tipo y calidad de suelos, en especial el material de base de los depósitos fluviales no consolidados.

La principal causa de las inundaciones es la lluvia, pues generalmente las inundaciones se producen por exceso de precipitaciones, es decir, grandes cantidades de agua en áreas geográficas definidas. Pero hay condicionantes introducidos por el ser humano que inciden en las inundaciones, tales como:

- La rápida urbanización, pues la tierra compactada y el concreto en ciudades absorben poca agua.
- La creciente urbanización también provoca la pérdida de espacios abiertos y muchas obras de ingeniería en las mismas desvía la corriente de los ríos y debilita los sistemas de drenaje provocando inundaciones repentinas.
- El inadecuado manejo de los desechos sólidos que obstruye los cauces y sistemas de drenaje.
- Construcción de obras hidráulicas sin adecuada planificación que modifican la morfología de los cauces.
- La deforestación de las cuencas hidrográficas, favorece el arrastre de materiales a los causes de los ríos y su prematura colmatación.

2. DESARROLLO DE UNA INUNDACIÓN

La inundación ocurre cuando la carga (agua y elementos sólidos) rebasa la capacidad normal del cauce, por lo que se vierte en los terrenos circundantes. Generalmente, todos los ríos y torrentes poseen en su curso inferior un lecho de inundación, es decir, un área baja a ambos lados del cauce que es cubierta por las aguas en un periodo del año.

En la época lluviosa, la cantidad de agua precipitada provoca la saturación de los suelos y un ascenso en su nivel freático por lo cual, si se produce una cantidad adicional de precipitación, se generará un desbordamiento y la consiguiente inundación.

a. Características

Los desbordamientos, por lo general, tienen un carácter estacional. Es posible apreciar como los niveles del río van ascendiendo lentamente y alcanzando la altura del desbordamiento. En las inundaciones súbitas, la rapidez en el inicio y desarrollo del fenómeno son las constantes y en ellos se muestra su gran capacidad arrasadora.

En cuanto a las olas generadas por tormentas y otros fenómenos meteorológicos, es común observar que al llegar al borde del litoral anegan extensas zonas costeras. (Autoprotección Ciudadana Gestión del Riesgo DEFENSA CIVIL DEL ECUADOR 2004).

b. Periodo de Retorno

Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado por lo menos una vez. (German Monsalve Sáenz. 1999. Hidrología en la Ingeniería, Segunda Edición. Pág. 248.).

3. CAUSAS

- Derretimiento de nieve en las cabeceras de las vertientes, o el ciclo regular de deshielo.
- Reflujo de estuarios debido a mareas altas.
- Por fallas o rebases de presas y derrumbes en el reservorio de las mismas.
- Mareas originadas en grandes lagos por acción del viento.
- Fuertes lluvias en un periodo relativamente corto.
- El ascenso del nivel del mar causado por fenómenos meteorológicos como temporales, tormentas, marejadas, o tsunamis.

Todo esto hace que un determinado curso de agua rebase su cauce e inunde las denominadas llanuras de inundación, ubicadas en zonas adyacentes a los ríos y cursos de agua. (Programa PED/ ECU, 2004).

4. TIPOS DE INUNDACIONES

Las inundaciones pueden clasificarse como repentinas o súbitas y como lentas o progresivas, siendo la principal diferencia el tiempo de respuesta de los ríos y el empuje de la corriente o energía liberada por el mismo.

a. Inundaciones súbitas o repentinas.- Se producen generalmente en cuencas hidrográficas de fuerte pendiente por la presencia de grandes cantidades de agua en muy corto tiempo. Son causadas por fuertes lluvias de tormentas tropicales o huracanes. Pueden desarrollarse en minutos u horas dependiendo de la intensidad y duración de la lluvia, la topografía, condiciones del suelo y cobertura vegetal. Ocurren con poca o ninguna advertencia.

Las inundaciones súbitas pueden arrastrar rocas, árboles, destruir edificios y otras estructuras, crear nuevos canales de escurrimiento. Los restos flotantes que arrastra pueden acumularse en una obstrucción o represamiento, restringiendo el flujo, provocando inundaciones aguas arriba del mismo, pero una vez que la corriente rompe el represamiento la inundación se produce aguas abajo.

b. Inundaciones lentas o en la llanura.- Se producen sobre terrenos planos que desaguan muy lentamente y cercanos a las riberas de los ríos o donde las lluvias son frecuentes o torrenciales. Muchas de ellas son parte del comportamiento normal de los ríos, es decir, de su régimen de aguas, ya que es habitual que en invierno aumente la cantidad de agua inundando los terrenos cercanos a la orilla.

Las inundaciones en las ciudades pueden ser lentas o súbitas, causando a las poblaciones diferentes efectos dependiendo de la topografía de estas localidades. Las poblaciones ubicadas en pendientes no se inundan severamente, pero la gran cantidad de agua y sólidos que arrastra las afecta a su paso. Por otro lado, las poblaciones ubicadas en superficies planas o algo cóncavas (como un valle u hondonada) pueden sufrir inundaciones como efecto directo de las lluvias, independientemente de las inundaciones

producidas por desbordamientos de ríos y quebradas, las cuales ocasionan estancamiento de aguas. (Programa PED/ ECU, 2004).

c. Inundaciones temporales.- Se producen en un periodo largo de tiempo una vez que el río sube se mantiene el nivel de inundación durante 40 días, paralizando las actividades productivas por dos meses.

d. Inundaciones por avenidas.- Cuando se desborda el río inundando plataformas bajas y relieves bajos suavemente inclinados; el agua de inundación se evacua rápidamente (8 a 24 horas) y pasa por el sector afectando a la agricultura.

5. PRINCIPALES DAÑOS OCASIONADOS POR INUNDACIONES:

- Desbordes de crecidas sobre riberas pobladas.
- Erosión y socavación de terrazas y depósitos aluviales ribereños.
- Deslizamientos en zonas habitables de las riberas.
- Destrucción de muros de hormigón en malecones ribereños.
- Socavación de cauces y bases de puentes.
- Destrucción de cultivos.
- Afectación de viviendas.
- Pérdida y afectación de vidas humanas.
- Afectación de suelos agrícolas.
- Caída de postes de energía eléctrica y telefonía.

(Guía para activación del sistema de alerta temprana en la cuenca del río Quevedo CRIC-CISP-TERRA NUOVA 2005).

6. EFECTOS DE LAS INUNDACIONES

a. Alimentos.- Las áreas agrícolas afectadas por una inundación sufren importantes pérdidas de cultivos y ganado, lo cual aunado a la destrucción de vías de acceso, generalmente ocasiona que una población en muy poco tiempo sufra desabastecimiento de alimentos.

b. Agua.- Los depósitos de agua subterránea (pozos y cisternas) generalmente son contaminados y tapados por los sólidos que arrastran las aguas. Las fuentes abiertas por su lado también son afectadas, por lo que es probable el desabastecimiento de agua apta para el consumo humano. En las zonas urbanas y rurales, los diversos componentes de los sistemas de agua potable también pueden resultar averiados o volverse lenta su operación por la alta turbiedad del agua, por lo que hay que pensar en reabastecer en la brevedad posible a las poblaciones y establecimientos de salud, siendo importante identificar con anterioridad fuentes alternas.

c. Aislamiento.- Es frecuente que las inundaciones interrumpan o destruyan las vías de acceso a poblaciones lo que dificulta no solo la entrega de ayuda que se puede requerir como alimentos o medicinas, sino también los mismos servicios de salud y otros insumos necesarios para atender la emergencia.

d. Condiciones ambientales.- Frecuentemente las comunidades en pueblos pequeños no cuentan con un servicio de letrinas adecuado para la eliminación de sus excretas, esto junto con el desborde de pozos sépticos por las inundaciones, puede ser origen de un problema severo de contaminación ambiental.

Por otro lado, en las zonas urbanas los sistemas de alcantarillado y saneamiento también pueden afectarse, y junto al inadecuado manejo de las basuras, puede llevar a la misma situación por lo que se requiere planificar un manejo adecuado de residuos sólidos que permita contar con las mínimas condiciones ambientales que eviten la afectación de la salud de la población.

e. Desplazamiento de grupos humanos.- El riesgo para infecciones emergentes y reemergentes es motivada por los cambios climáticos, el desplazamiento de grandes grupos humanos y animales, la alteración de los parámetros epidemiológicos y las condiciones sanitarias en las áreas afectadas, lo cual se puede percibir con facilidad en grupos poblacionales mantenidos en albergues y centros de refugios.

f. Desarrollo de enfermedades mentales.- Experimentar un desastre es uno de los eventos traumáticos más serios que una persona puede soportar , y sus efectos sobre la salud mental y el comportamiento, se pueden ver a corto y largo plazo, tales como la disociación, la depresión y el estrés postraumático.

Se ha estimado que entre una tercera parte y la mitad de la población expuesta a un desastre sufre alguna manifestación psicológica. Aunque debe destacarse que no todos los problemas psicosociales que se presentan podrán clasificarse como enfermedades, la mayoría debe entenderse como reacciones normales ante situaciones de gran significación o impacto. (Programa PED/ ECU, 2004).

7. POSIBILIDAD DE PREDICCIÓN

Ciertas inundaciones son predecibles con varias semanas de anticipación en vista de su periodicidad o recurrencia. Cuando se presentan lluvias intensas en las cabeceras de los ríos, es posible anunciar una inminente inundación aguas abajo a fin de adoptar medidas específicas.

En muchos casos la predicción dependerá de las capacidades técnicas de monitoreo para la determinación de los pronósticos del tiempo. Las inundaciones pueden ser previsibles o inesperadas; las primeras son aquellas en que los desbordamientos ocurren todos los años, en un periodo determinado, por lo cual se ha podido cuantificar y recabar la información correspondiente.

a. Las inundaciones inesperadas pueden ser de dos tipos:

El primero, atendiendo a la intensidad y el segundo, a la época en que se producen. El primer tipo se origina cuando las descargas de agua son más grandes que lo previsto, a causa de algún elemento meteorológico. El segundo tipo se produce en una época no ordinaria, razón por la cual puede ser más destructivo.

b. Características físicas importantes que pueden ser medidas en una inundación:

- **Altura que pueden alcanzar las aguas:** Situación válida tanto en el valle de un río como en el área de inundación. Este dato es de sumo interés para el planeamiento y diseño de edificaciones que vayan a construirse en sitios cercanos al río o en el área de inundación.
- **Área de inundación:** Es importante conocer la mayor superficie que ha inundado el río o la máxima área que podría estar sujeta a crecidas insólitas y directamente vinculada a la escorrentía crítica.
- **Volumen de la inundación:** El volumen es el total de agua que desborda el río durante el tiempo que dura el evento; es de gran trascendencia ese dato, en especial, para obras de almacenamiento de agua, irrigación, abastecimiento de agua potable y para el mismo control de la inundación.
- **Duración de la inundación:** Es interesante poder contar con información confiable acerca del tiempo probable de las inundaciones; para esto se requiere de ciertas informaciones e instrumentos que aporten datos acerca de la cuenca, precipitación, escurrimiento, volumen de inundación, estructura geológica, pendientes, entre otros datos.
- **Registros de pendientes en las cuencas:** Es de gran valor, especialmente, en lo referente al grado de erosión del valle, la escorrentía superficial y la infiltración. (Autoprotección Ciudadana Gestión del Riesgo DEFENSA CIVIL DEL ECUADOR 2004).

8. CRECIENTES

En general, una creciente es un fenómeno de ocurrencia de caudales relativamente grandes. Una creciente puede no causar inundación, especialmente si se construyen obras de control para tal fin.

a. Causas de las Crecientes

Son dos las causas principales de las crecientes: El exceso de lluvia y el desbordamiento de cualquier volumen de agua acumulado aguas arriba. Esta última causa puede ser debida al rompimiento de la obra que retiene el agua o a la apertura brusca de las compuertas de un embalse. Una creciente sólo causa inundaciones cuando el volumen de agua que la ocasiona se vierte por fuera del canal. (Hidrología en la Ingeniería German Monsalve Sáenz, segunda edición. 1999).

9. PRECIPITACIONES

Es cualquier forma de partículas de agua, líquida o sólida, proveniente de la atmósfera y que alcanza el suelo. Las mediciones recogidas por un pluviómetro (u ombrómetro, que mide la cantidad de lluvia que llega al suelo) o un pluviógrafo (es un pluviómetro que registra en forma automática la precipitación recogida en función del tiempo), es determinante para conocer las características de una inundación, como por ejemplo el caudal de la avenida y la intensidad de la precipitación.

Es comprensible que un alto índice de precipitaciones en un lapso de tiempo reducido adquiere mayor gravedad puesto que se incrementa proporcionalmente el escurrimiento superficial y se reduce la infiltración, lo cual incrementa drásticamente el caudal de los ríos y canales pluviales, sobrepasando con frecuencia su capacidad, provocando inundaciones.

La precipitación puede ser:

- **Por Convección:** Es la más común en los trópicos y se origina por el levantamiento de masas de aire más ligero y cálido al encontrarse a su alrededor con masas de aire densas y frías.

- **Orográfica:** La precipitación se debe al levantamiento del aire producido por las barreras montañosas. El efecto de las montañas ejerce una acción directa de sustentación o induce turbulencias y corrientes de convección secundarias, produciéndose un enfriamiento de esta, y luego su condensación y precipitación.

- **Ciclónica:** Esta asociada al paso de los ciclones y ligada a los planos de contacto entre masas de aire de diferentes temperaturas y contenidos de humedad. El levantamiento de aire se origina por convergencia horizontal en la entrada de masa de aire en una zona de baja presión.

En general y dependiendo de la topografía, del tipo de suelo y del clima, una precipitación empieza a ser adversa o peligrosa cuando está entre los 30 mm en una hora o los 60 y 80 mm en un periodo de 12 horas continuadas. La Tabla 1, muestra la clasificación de las precipitaciones según la cantidad de lluvia que la superficie terrestre recibe.

Tabla 1. Clasificación de las precipitaciones según la cantidad de agua que recibe la tierra.

Débil	menor o igual que 02 mm
Moderada	Entre 02 y 15 mm
Fuerte	Entre 15 y 30 mm
Muy fuerte	Entre 30 y 60 mm
Torrencial	mayor que 60 mm

Fuente: Organización Meteorológica Mundial 2004

Es importante destacar que la información de la Tabla 1 debe vincularse a los factores de vulnerabilidad del entorno (tipo de suelo, topografía del terreno, etc.), para llegar así a un panorama completo de los factores de riesgo en las zonas de inundación potenciales, complementándolos con información de otras amenazas (deslizamientos, fallas, etc.). (Programa PED/ ECU, 2004).

10. EVENTOS ADVERSOS RELACIONADOS A INUNDACIONES

a. Tormenta Eléctrica

Las tormentas eléctricas son muy comunes y afectan a un gran número de personas cada año. A pesar de su tamaño pequeño en comparación con huracanes y tormentas invernales, todas las tormentas eléctricas son peligrosas. Las tormentas eléctricas producen rayos. Otros peligros relacionados con las tormentas eléctricas incluyen tornados, vientos fuertes, granizo e inundaciones repentinas. Las inundaciones repentinas son responsables de más fatalidades (más de 140 anualmente) que cualquier otro peligro relacionado con las tormentas eléctricas.

Algunas tormentas eléctricas no producen lluvia que llegue al suelo. Estas se denominan genéricamente tormentas eléctricas secas y son más comunes en el oeste de los Estados Unidos. Estas tormentas causan incendios forestales y ocurren cuando hay una gran capa de aire seco entre la base de la nube y el suelo. Las gotas de lluvia se evaporan al caer, pero los rayos aún pueden llegar al suelo.

(FEMA. 2007 Tormentas Eléctricas. (en línea) disponible en <http://www.fema.gov/spanish/areyouready/thunderstorms-spa.shtm>).

b. Formación de las tormentas

Las tormentas son de los fenómenos atmosféricos más espectaculares, y a veces pueden llegar a ser muy virulentos. Las tormentas se producen por los cumulonimbus, nubes que se desarrollan cuando la atmósfera está inestable. Se entiende por atmósfera inestable aquella situación en la que se producen

importantes movimientos del aire en sentido vertical. Esto pasa cuando el aire es más frío de lo habitual en la parte más alta de la tropósfera, lo que suele ocurrir cuando pasa un frente frío o bien en situaciones de bajas presiones.

La formación de la tormenta se desarrolla según el siguiente proceso: El calentamiento de la tierra origina una corriente de aire ascendente. Este aire se enfría progresivamente hasta condensarse con la consiguiente formación de pequeños cúmulos. A diferencia de las situaciones de buen tiempo, la corriente ascendente no se para y la nube crece rápidamente en sentido vertical.

Los cúmulos continúan creciendo en sentido vertical y está a punto de convertirse en una nube de tormenta. Cuando alcanza la isoterma las cargas eléctricas que se han ido generando comienzan a ordenarse dentro de la nube. La parte superior será positiva y la inferior negativa. Además se comienzan a formar dentro de la nube grandes gotas o partículas de granizo. La fuerte corriente ascendente las mantiene en suspensión.

El cúmulo se ha transformado ya en un cumulonimbus que puede llegar a tener hasta 10 km de altura. En su parte superior la temperatura puede ser muy baja (-20°C o -30°C). Esto favorece una intensa sobresaturación del aire que origina una gran cantidad de gotas de lluvia o de granizo, algunas de las cuales caerán en forma de precipitación.

La nube de tormenta se desgasta al desaparecer la corriente ascendente que la alimentaba. La tierra ya se ha enfriado y fuertes corrientes descendentes de viento provocan chubascos de gran intensidad que acaban por deshacer la nube. La tormenta ha acabado y algunas capas de cirrus o cirroestratus serán los únicos restos de este extraordinario fenómeno de la naturaleza.

(2007. Tormentas (en línea). España disponible en <http://html.rincondelvago.com/tormentas-electricas.html>).

c. Chubasco

Un chubasco es un tipo de precipitación que se caracteriza por que sobreviene bruscamente y termina con la misma rapidez. Puede ocurrir en forma de nieve, agua, aguanieve, etc. Los chubascos son la consecuencia de una discontinuidad local que existe en el estado de la atmósfera. Suelen producirse con buen tiempo, en las horas más calurosas del día y dan lugar a la formación de cumulonimbus; cesan al llegar la noche.

Obtenido de "<http://es.wikipedia.org/wiki/Chubasco>"

d. Vientos Fuertes

En ocasiones dentro de la dinámica de la atmósfera, se producen procesos de desarrollo vertical que determinan la formación de diferentes tipos de tormentas o lluvias fuertes que se presentan con velocidades de viento que generan daños significativos a las edificaciones, afectando desde los techos hasta sus estructuras.

e. Cambios Climáticos Globales

El cambio climático se puede definir en forma sencilla como el cambio o la anomalía producida en una región del planeta en sus características climáticas en relación con la normal en un tiempo determinado. Aunque es muy difícil encontrar evidencia estadística del calentamiento del planeta, como un fenómeno del cambio climático, no se puede negar el hecho que si la temperatura aumenta, la atmósfera puede absorber más vapor de agua, lo cual siempre resulta en mayores cantidades de lluvia.

Al mismo tiempo, es comúnmente aceptado que el incremento global observado de la temperatura (alrededor 0,7°C) en los últimos cien años, se atribuye especialmente a la actividad humana.

Por tanto, los costos resultantes debido al cambio climático, como catástrofes climáticas (principalmente inundaciones), se elevaran dramáticamente,

poniendo una mayor presión sobre las economías nacionales. Siendo importante que en regiones con climas más cálidos se reconozca la presencia de eventos aun más extremos. La planificación futura del control de inundaciones debe tomar en cuenta que estas situaciones han sido exacerbadas por el cambio climático. Diferentes condiciones de temperatura y precipitación probablemente conduzcan a que los periodos de retorno de las inundaciones sean mucho más cortos. Eventos que en el pasado ocurrían en promedio una vez cada cien años podrían convertirse en eventos que ocurran cada diez. Aquí se requiere el uso de mejores análisis hidrológicos para proveer mayor certeza, lo cual es esencial para el diseño de estructuras para el control de inundaciones. (Programa PED/ ECU, 2004).

f. El Fenómeno El Niño (ENOS)

El Fenómeno “El Niño-Oscilación del Sur” se define como la combinación de un evento atmosférico dado por un gradiente de presión en el Pacífico y un evento oceanográfico definido como la presencia de aguas anormalmente más cálidas en la costa occidental de Sudamérica por un periodo mayor a 4 meses consecutivos, durante el verano del hemisferio sur. Este fenómeno, que se presenta con intervalos de dos a siete años, se caracteriza, entre otros elementos oceanográficos y atmosféricos, por un calentamiento intenso y anormal de las aguas superficiales del mar en el Océano Pacífico Ecuatorial frente a las costas de Perú y Ecuador por los cambios climáticos que genera en el ámbito regional y global.

Este fenómeno se inicia en el Océano Pacífico tropical, cerca de Australia e Indonesia, en donde la temperatura de las aguas superficiales se eleva en más de 0,5°C por encima de los promedios normales correspondientes a la respectiva estación climatológica. Gradualmente este fenómeno se desplaza hacia el Este y, alrededor de seis meses después, alcanza la costa de América del Sur, en el extremo Este del Pacífico.

El Niño es el conjunto de procesos que se dan en la Atmósfera-Océano en la fase cálida. En la fase opuesta, la fase fría conocida como La Niña, la

temperatura de la superficie del Pacífico tropical central y oriental es más baja que en la media climatológica. Es necesario resaltar el hecho de que el Fenómeno El Niño presenta “travesuras” diferentes en la región, tal es el caso de grandes inundaciones en varias zonas de Suramérica, y en cambio grandes sequías en la parte sur de la región centroamericana. (Programa PED/ ECU, 2004).

El fenómeno de El Niño ocurre únicamente en el Océano Pacífico. Entre las razones de esta particularidad está el gran tamaño de la cuenca del Pacífico comparado con los Océanos Atlántico e Índico. Muchas teorías actuales del ENOS involucran la presencia de ondas ecuatoriales de escala planetaria. El tiempo que toma una de estas ondas (tienen una longitud de onda de unos 7 000 km) atravesar el Pacífico es uno de los factores que determinan la escala temporal y la amplitud de la anomalías climáticas del ENOS.

Lo estrecho de los Océanos Atlántico e Índico comparado con el Pacífico significa que las ondas pueden atravesar estas dos primeras cuencas en menos tiempo, así que el océano se ajusta mucho más rápido a las variaciones del viento. Por el contrario, las variaciones del viento en el océano Pacífico forman ondas que toman mucho más tiempo en atravesar la cuenca, así, el Pacífico se ajusta a las variaciones del viento más lentamente. Este ajuste más lento permite que el sistema océano - atmósfera se aparte más del estado de equilibrio que en la cuenca más estrecha del Océano Atlántico e Índico, con el resultado que las anomalías climáticas interanuales (por ejemplo, se producen temperaturas de la superficie del mar inusualmente más cálidas o frías) son mayores en el Pacífico.

Cada fenómeno de El Niño es diferente con respecto a otros, tanto en la magnitud como en la duración. Un ejemplo, el evento cálido de 1982-1983 ha sido El Niño más intenso de este siglo y mientras que el de 1991-1994 el más extenso.

1. Monitoreo del Fenómeno

Se monitorea el Océano Pacífico Tropical por medio de un sistema de observación que incluye satélites, boyas fijas y a la deriva y barcos. Muchos de estos sistemas forman parte de un Programa sobre los Océanos Tropicales y la Atmósfera Mundial (TOGA, siglas en inglés), cuyos datos sirven como insumo para los modelos matemáticos que pronostican El Niño.

Como el ENOS se desarrolla en un espacio marítimo muy grande, se decidió dividir el área que abarca el Océano Pacífico Tropical en cuatro zonas:

1. Región NIÑO-1: entre 5° Sur y 10° latitud Sur y entre 90° Oeste y 80° longitud Oeste;
2. Región NIÑO-2: entre 0° y 5° latitud Sur y entre 90° Oeste y 80° longitud Oeste;
3. Región NIÑO-3: entre 5° N y 5° latitud Sur y entre 90° O y 150° longitud Oeste;
4. Región NIÑO-4: entre 5° N y 5° latitud Sur y entre 160° Este y 150° longitud Oeste.

2. Frecuencia con que se presenta El Niño

El Niño usualmente ocurre en forma irregular, con una recurrencia que va de dos a siete años aproximadamente con variación en la intensidad del mismo. El fenómeno es cíclico pero aperiódico. Un evento típico de El Niño tiene una duración entre 14 y 22 meses aproximadamente. (Vega G. Stolz W. Folleto Informativo Costa Rica 1997 (en línea). Disponible en http://www.cne.go.cr/CEDO/fenomeno_del_nino.htm.)

3. Daños ocasionados por el Fenómeno El Niño en 1997-1998

a. Población Afectada

-  Afecta a no menos de 9 provincias del país.

- De manera directa o indirecta afecta a la totalidad de la población del país.
- Afecta de manera primaria a más de 6 mil familias (cerca de 30 mil personas).
- Afecta de manera secundaria a casi 13 mil familias (cerca de 60 mil personas).
- Sus víctimas son: 286 muertos, 162 heridos y 36 desaparecidos.
- Requirieron albergue casi 4 mil familias (más de 20 mil personas) en 298 instalaciones.
- Entre damnificados primarios y secundarios y víctimas primarias se genera una pérdida de ingresos de 17,8 millones de dólares.

Tabla 2. Sectores Sociales (Millones de dólares).

Sector y subsector	Daños totales	Daños directos	Daños indirectos	Efecto externo
Vivienda	152,6	43,4	109,2	-17,1
Salud	19,5	4,2	15,3	-6,7
Educación	20,1	15,5	4,6	-5,4
Total	192,2	63,1	129,1	-29,2

Fuente: CEPAL 1998

Tabla 3. Infraestructura (Millones de dólares).

Sector y subsector	Daños totales	Daños directos	Daños indirectos	Efecto externo
Agua y Alcantarillado	16,7	5,5	11,2	-9,6
Energía y electricidad	19,0	15,7	3,2	-15,8
Transporte y telecomunicaciones	786,8	99,1	687,7	-53,2
Infraestructura urbana	7,8	3,0	4,8	-1,6
Total	830,3	123,3	707,9	-80,2

Fuente: CEPAL 1998

Tabla 4. Sectores Económicos (Millones de dólares).

Sector y subsector	Sector y subsector	Daños directos	Daños indirectos	Efecto externo
Agropecuario y pesca	1243,7	547,7	696,0	-388,8
Industria comercio y turismo	272,0	49,1	222,9	-95,2
Total	1515,7	596,8	918,9	484,0

Fuente: CEPAL 1998

Tabla 5. Esfuerzos de Mitigación y Recursos para la Emergencia (Millones de dólares).

Sector y subsector	Gastos totales
Gastos de emergencia, prevención y mitigación	333,1
Gastos del gobierno	67,2
Ayuda internacional	30,0
Préstamos internacionales	233,0

Fuente: CEPAL 1998

(Ecuador: Fenómeno El Niño 1997-1998. CEPAL (en línea) disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cursouni/ADdeseconi.pdf>).

11. PRONÓSTICO

Determinación de la probabilidad de que un fenómeno se manifieste con base en: El estudio de su mecanismo físico generador, el monitoreo del sistema perturbador y / o el registro de eventos en el tiempo. Un pronóstico puede ser a corto plazo, generalmente basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos premonitorios del fenómeno peligroso; a mediano plazo basado en la información, probabilística de parámetros indicadores de la potencialidad del fenómeno, y a largo plazo, basado en la determinación del evento máximo probable dentro de un periodo de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del área afectable. (Plan de Emergencia y Modelo Operativo de Respuesta Provincia de Los Ríos Proyecto Dipecho Cric-Terranuova 2005).

G. RIESGO

Se considera al riesgo como el resultado de las manifestaciones de una amenaza de origen natural, socio-natural o antrópico, que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población y en su estructura productiva e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento de una comunidad, zona, región o país afectado, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad directamente afectada. (Cuaderno Guía para la Formulación de Agendas de Recuperación Temprana Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –UNDP 2007).

1. Construcción del Riesgo

$$R = f(A, V)$$

Probabilidad de que ocurra un desastre, en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

a. Características del Riesgo.- Las características del riesgo son dinámicas y cambiantes es decir, que no se puede describir un escenario de riesgo como algo estático, sino que debemos concebirlo como un proceso en constante movimiento y transformación.

El riesgo tiene carácter diferenciado que no afecta de igual manera a los distintos actores sociales presentes en una comunidad. También el riesgo posee un carácter social, es decir que no está determinado por fuerzas sobrenaturales ni por fenómenos de la naturaleza, surge del proceso de la interacción continua y permanente entre la comunidad y su entorno. (Plan de Emergencia y Modelo Operativo de Respuesta Provincia de Los Ríos Proyecto Dipecho Cric-Terranuova 2005).

b. Estimación del Riesgo

El riesgo se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Por lo tanto, el riesgo puede ser de carácter geológico, hidrológico, atmosférico o, también, tecnológico, dependiendo de la naturaleza de la amenaza a la cual está referido.

Adicionalmente, es común que el riesgo sea estimado solamente en términos físicos, dado que la vulnerabilidad social es difícil de evaluar en términos cuantitativos, no con esto queriendo decir que no sea posible estimar, para estos casos, en forma relativa o mediante indicadores "riesgos relativos", que igualmente permiten tomar decisiones y definir prioridades de prevención y mitigación.

De otra parte, una vez evaluado el riesgo y teniendo en cuenta que no es posible reducirlo a cero, para efectos de la planificación y el diseño de obras de infraestructura y de protección es necesario definir un nivel de "riesgo aceptable", o sea un valor admisible de probabilidad de consecuencias sociales y económicas que, a juicio de las autoridades que regulan este tipo de decisiones, se considera lo suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación física, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas socio-económicas afines.

En resumen, para evaluar el riesgo deben seguirse tres pasos: la evaluación de la amenaza o peligro; el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores. Cambios en uno o los dos parámetros modifican el riesgo en sí mismo. (Cardona A. Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo. 2006. (en línea) disponible en <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>).

c. Peligro

Es un agente agresor externo socio ambiental potencialmente destructivo con cierta magnitud dentro de un cierto lapso de tiempo y en una cierta área. Fenómeno social que puede causar heridos, muertes y daños graves. (Manual N° 2. Perú noviembre 2002 (en línea) disponible en <http://www.CRID.or.cr/CRID/idcr/materia=de=apoyo=4=ac.htm>).

d. Amenaza

Peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico (fig.1.), que se anticipa puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, y los bienes y servicios. Es un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

Las características topográficas propias de las llanuras bajas expuestas a una generosa red hídrica que cruza un territorio como la provincia de los Ríos, hace que el riesgo a las inundaciones, sea permanente en las épocas de invierno, debido al natural incremento del caudal de los ríos por lluvias producidas en las estribaciones de la cordillera y otras originadas en la localidad.

La población asentada en los territorios descritos, por otro lado, actúa modificando y degradando las condiciones ambientales y los ecosistemas naturales en aras del desarrollo, de esta manera se crea una cadena nociva entre sociedad y naturaleza.

1. Tipos de Amenaza

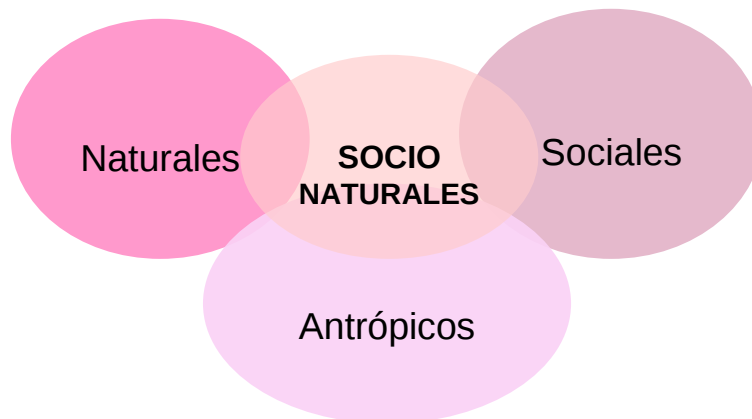
- **Naturales.-** Peligro latente asociado con la posible manifestación de un fenómeno de origen natural, por ejemplo, un terremoto, una erupción volcánica, un tsunami o un huracán- cuya génesis se encuentra en los

procesos naturales de transformación y manifestación de la tierra y el ambiente. Suelen clasificarse de acuerdo con sus orígenes terrestres o atmosféricos, permitiendo identificar entre otras amenazas geológicas, geomorfológicas, climatológicas, hidrometeorológicas, oceánicas y bióticas.

■ **Socio-Naturales.-** Peligro latente asociado con la probable ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación ambiental o de intervención humana en los ecosistemas naturales. Ejemplos de éstos pueden encontrarse en inundaciones y deslizamientos resultantes de, o incrementados o influenciados en su intensidad, por procesos de deforestación degradación o deterioro de cuencas; erosión costera por la destrucción de manglares; inundaciones urbanas por falta de adecuados sistemas de drenaje de aguas pluviales. Las amenazas socio-naturales se crean en la intersección de la naturaleza con la conversión de recursos en amenazas.

■ **Antrópicos.-** Peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte, consumo de bienes y servicios y la construcción y uso de infraestructura y edificios. Comprenden una gama amplia de peligros como lo son las distintas formas de contaminación de aguas, aire y suelos, los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias tóxicas, los accidentes en los sistemas de transporte, la ruptura de presas de retención de aguas etc. (Cuaderno Guía para la Formulación de Agendas de Recuperación Temprana Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –UNDP 2007).

Figura 1. Tipos de Amenaza.



Fuente:(Cuaderno Guía para la Formulación de Agendas de Recuperación Temprana Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –UNDP 2007).

2. Evaluación de la Amenaza

Debido a la complejidad de los sistemas físicos en los cuales un gran número de variables puede condicionar el proceso, la ciencia aún no cuenta con técnicas que le permitan modelar con alta precisión dichos sistemas y por lo tanto los mecanismos generadores de cada una de las amenazas. Por esta razón, la evaluación de la amenaza, en la mayoría de los casos, se realiza combinando el análisis probabilístico con el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y modelando con algún grado de aproximación los sistemas físicos involucrados.

En otras palabras, para poder cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una u otra intensidad durante un periodo de exposición, es necesario contar con información, la más completa posible, acerca del número de eventos que han ocurrido en el pasado y acerca de la intensidad que tuvieron los mismos. (Cardona A. Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo. 2006. (en línea) disponible en <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>).

e. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es un factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antrópico.

Las condiciones de vulnerabilidad entre otros aspectos se originan en factores de tipo:

- **Políticos:** Referidos al nivel de autonomía que posee una comunidad para tomar decisiones sobre los problemas que la afectan, así como la capacidad de negociación para recuperar las condiciones adversas tras un desastre.
- **Sociales:** Se refiere a la capacidad que tiene o no una comunidad para organizarse y la forma en que se estructura para enfrentar los riesgos.
- **Económicos:** La pobreza incide en el incremento de vulnerabilidad, pero también la utilización inadecuada de los recursos económicos disponibles.
- **Institucionales:** Derivados de la estructura del estado y de las instituciones de gobierno, en relación a su capacidad de gestión frente a situaciones de riesgo de desastres.
- **Ambientales:** Relacionados con el uso del suelo y el aprovechamiento de los recursos naturales.
- **Físicos:** Relacionados con la ubicación de las poblaciones y sus infraestructuras, el nivel de exposición a los fenómenos potencialmente peligrosos y la calidad de las estructuras y su

capacidad de resistencia frente al impacto de eventos peligrosos.

(Cuaderno guía para la formulación de agendas de recuperación temprana programa de las naciones unidas para el desarrollo –UNDP 2007).

f. Gestión del Riesgo

La Gestión del Riesgo es una herramienta de decisión, administración que facilita a los actores sociales analizar una situación determinada y tomar de manera consciente decisiones que permitan transformar las amenazas y factores de vulnerabilidad en oportunidades de cambio positivo. Por lo que es un proceso de administración participativa mediante el cual se formulan y ejecutan programas, proyectos para la prevención, mitigación de riesgos y atención de emergencias.

La gestión del riesgo más que un tema que tenga que ver con desastres es tema relacionado con el desarrollo. (Plan de Emergencia y Modelo Operativo de Respuesta Provincia de Los Ríos Proyecto Dipecho Cric-Terranuova 2005).

La visión actual plantea que los desastres no son inevitables, se puede intervenir sobre un desastre, rompiendo la concepción tradicional del ciclo del desastre, al redefinirla conceptual y de manera práctica como la “Gestión de Riesgo”. Se propone lo siguiente como se indica en la (Tabla 6). Esta relación propuesta permite visualizar cuatro momentos continuos e integrales para la gestión del riesgo.

1. Gestión de la amenaza o acciones de prevención
2. Gestión de la vulnerabilidad o acciones de mitigación
3. Gestión de la emergencia o acciones de respuesta
4. Gestión del desastre o acciones de recuperación

Tabla 6. Gestión del Riesgo.

GESTIÓN DEL RIESGO		
Causa	Efecto (+)	Acciones
Amenaza	Evitar	Prevención
Vulnerabilidad	Reducir	Mitigación
Emergencia	Preparar	Respuesta
Desastre	Restablecer	Recuperación

Fuente:(Cuaderno Guía para la Formulación de Agendas de Recuperación Temprana Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –UNDP 2007).

1. Análisis de la Gestión de Riesgo en el Cantón Quevedo

En el Cantón Quevedo el Municipio y los organismos de socorro no han tomado en cuenta la Gestión de Riesgos, debido en gran parte a la falta de apoyo de los gobiernos locales, el Municipio contribuye a las condiciones de riesgo ya que no existe un ordenamiento territorial y se permite construir en terrenos inestables considerados de alto riesgo como El Pantano, Laguna de Oxidación, Ladera San Pedro, etc.

Pese a todo aquello los grupos de socorro se han organizado en una serie de acciones tanto en prevención de desastres como en atención de emergencias, a pesar de las limitaciones de recursos y niveles de coordinación de estas entidades.

Por otro lado podemos mencionar que estos grupos tienen fortalezas como: Personal capacitado aunque en un grupo pequeño, buenas relaciones interinstitucionales además, se cuenta con el grupo de fuerzas especiales que siempre colabora en cursos de entrenamiento y tareas de búsqueda y rescate, pero también se tienen grandes problemas como la falta de voluntarios, dependencia municipal, desinterés de las autoridades, falta de implementos, presupuesto, capacitación, y respaldo técnico.

En la actualidad se considera la temática de los desastres como una acción multidisciplinaria que no coloca el énfasis en el manejo de emergencias sino, sobre todo, las fases anteriores a la ocurrencia de los eventos. Es necesario que para un manejo adecuado de riesgos se lo haga de manera eficiente mediante la formulación y ejecución de programas, planes y proyectos relacionados con la prevención, mitigación, preparación, respuesta y recuperación.

Es importante considerar el manejo de riesgos de manera muy amplia incluyendo aspectos vinculados con el desarrollo territorial, en el que se debe incorporar las respuestas a las emergencias, la educación, investigación, tecnología, planificación física, sectorial, territorial y socioeconómica, dirigidas a reducir los riesgos. Por lo que la organización y coordinación interinstitucional es una herramienta principal para cumplir con la reducción de riesgos y manejo adecuado de desastres.

De la secuencialidad que se dé a las tareas administrativas para el manejo de riesgos dependerá la posibilidad de prevenir su ocurrencia, mitigar sus impactos, prepararse para las consecuencias, alertar la posibilidad de su presencia, responder acertadamente a la situación de emergencia y posteriormente recuperarse de los efectos ocasionados.

Es imprescindible que para una planificación apropiada del desarrollo, cuyo objetivo es elevar la calidad de vida de los habitantes, se considere el manejo de riesgos; pues se trata de aspectos ineludibles y necesarios para alcanzar un nivel de seguridad aceptable de la sociedad. (Propuesta “Elaboración del Plan para la Gestión del Riesgo”. Prov. Los Ríos Proyecto Dipecho, 2005.).

g. Plan de Emergencia

Consiste en la definición de funciones, responsabilidades, políticas y procedimientos generales de reacción y alerta institucional y/o comunitario, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas y simulación para la capacitación y revisión, con el fin de salvaguardar la vida, proteger los

bienes y recobrar la normalidad de la sociedad tan pronto como sea posible después de que se presente un fenómeno peligroso.

Contempla aspectos como: definición territorial, objetivos a conseguir, componentes y entidades que deben ser activadas y protocolos de actuación frente al evento esperado.

h. Plan de Contingencia

Son procedimientos operativos específicos y preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la manifestación o la inminencia de un fenómeno peligroso particular para el cual se tienen escenarios definidos como parte del Plan de Emergencia.

i. Mitigación (reducción)

Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente; es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias y sólo es posible atenuarlas. (Plan de Emergencia y Modelo Operativo de Respuesta Provincia de Los Ríos Proyecto Dipecho Cric-Terranuova 2005).

H. MÉTODO DE MUSKINGUM

Es un método para calcular el hidrograma de una avenida en su tránsito por el cauce, teniendo en cuenta el efecto de laminación. Su nombre alude al río donde se utilizó por primera vez, en 1930. En la actualidad es un procedimiento muy utilizado para calcular el tránsito de una avenida por el cauce de una cuenca grande.

Tiene en cuenta dos parámetros, uno relacionado con la capacidad de almacenamiento (laminación) del cauce en cada tramo, de carácter adimensional, (X), y otro relacionado con el tiempo que tarda la onda de

avenida en desplazarse por el tramo considerado, con unidades de “tiempo”, (K) .

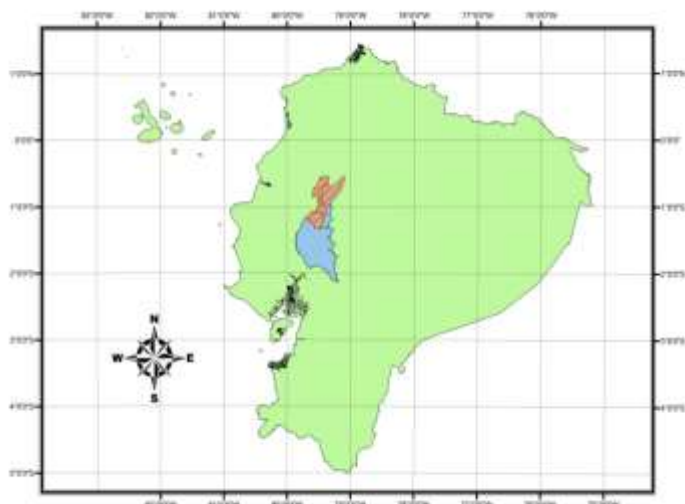
Parte de la consideración inicial de que el agua almacenada en un tramo, S , es proporcional al agua que entra I y al agua que sale O , de la forma:

$$S = K[XI + (1 - X)O]$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

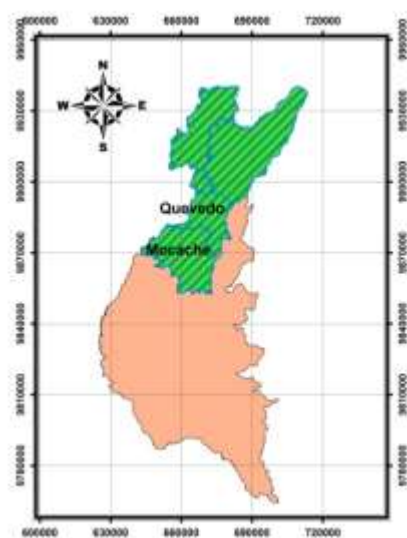
A. Localización del Área de Estudio

Figura 2. Localización del área de estudio en el Ecuador.



Fuente: INFOTERRA 2010

Figura 3. Localización del área de estudio en la Provincia.



Fuente: INFOTERRA 2010

Este estudio se realizó en los cantones Quevedo y Mocache de la provincia de Los Ríos Ecuador (fig.2 y 3) los mismos que se encuentran localizados en las

siguientes coordenadas 1° 0' 0" S, 1° 13' 0" S y 79° 27' 0" W, 79° 31' 0" W con una altitud de 71 m y 58 m respectivamente, temperatura media anual entre 24°C y 26,5°C, humedad relativa entre 70 y 80% que definen al área de estudio involucrada en el específico clima tropical.

1. Materiales de campo

-  Botas
-  Poncho de agua
-  Machete
-  Equipo de aforo (flexómetro, termómetros agua-aire, cinta métrica, flotadores, cronómetro, plomada).
-  GPS
-  Libreta
-  Lápiz
-  Limnógrafo
-  Plataforma automática

2. Materiales de oficina

-  Plantillas de datos
-  Anuarios hidrológicos
-  Datos digitales
-  Ordenador
-  Impresora
-  Papel
-  Tinta
-  SIG
-  ArcGIS 9.2
-  Software estadístico Minitab

B. Metodología

1. Análisis de la serie de datos hidrológicos de las estaciones hidrométricas Quevedo en Quevedo, Baba y Vinces.

Para esta investigación se procedió a la recopilación y análisis de la serie de datos hidrológicos (periodo 1982-2006) de las estaciones hidrométricas Quevedo en Quevedo, Baba DJ Toachi-DCP y Vinces en Vinces –DCP (tabla 7).

Tabla 7. Estaciones Hidrológicas.

Código	Estación	Longitud	Latitud	Elevación (m)	Provincia	Fecha De Instalación
H326	Baba DJ Toachi - DCP	79°23'5" W	0°39'50" S	100	Los Ríos	11/01/1964
H347	Quevedo En Quevedo	79°27'45" W	1°0'56" S	100	Los Ríos	01/09/1962
H348	Vinces En Vinces - DCP	79°45'2" W	1°32'57" S	41	Los Ríos	12/01/1963

Fuente: INAMHI 2010

a. Análisis estadísticos de los datos

Para determinar porcentajes de precipitación y caudal , caudales medios de máximas crecidas, caudales promedios anuales del Río Quevedo, caudales anuales de máxima crecida ,caudales fenómeno El Niño 1983 y 1998,distribución de caudales medios anuales del Río Quevedo y caudales de entrada y salida del Río Quevedo.

b. Control de calidad de la información hidrológica

c. Relleno de series hidrológicas a través de correlación ortogonal.

Correlación Ortogonal

Para la correlación ortogonal obligamos a que la suma de cuadrados de distancias a la recta de correlación sea mínima y, siendo la ecuación de la correlación $y - \bar{y} = m(x - \bar{x})$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\sigma x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \sigma y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

$$\sigma xy = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y}) \quad \text{Se obtiene}$$

$$r \text{ (coeficiente de correlación)} = \frac{\sigma xy}{\sqrt{\sigma x^2 \cdot \sigma y^2}}$$

Ecuación característica:

$$\lambda^2 - n\lambda(\sigma x^2 + \sigma y^2) + n^2 (\sigma x^2 \cdot \sigma y^2 - \sigma^2 xy) = 0$$

$$m = \frac{n\lambda_2 - \sigma x^2}{\sigma xy} = \frac{\sigma xy}{n\lambda_1 - \sigma y^2} \quad \lambda_2 > \lambda_1 > 0$$

La masa muestral se distribuye en forma de elipse achatada en torno a la dirección de mínima varianza residual y, por tanto, cuanto menor sea ésta, más fuerte será la correlación entre las variables.

En el caso límite en que toda la masa esta sobre la recta $y = x$ (recta de regresión relativa a las variables normalizadas), la relación entre ambas variables es máxima y el “coeficiente de correlación” vale:

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 = +1$$

Que indica la máxima correlación posible.

Por el contrario, si toda la masa se distribuye a lo largo de $y = -x$, a valores altos de una variable le corresponden valores inferiores a la media en la otra (y viceversa); se dice entonces que la correlación es negativa, o que existe “anticorrelación”. El máximo de la misma se da cuando la masa esta en coincidencia con la recta $y = -x$, y entonces el coeficiente de correlación de Pearson vale:

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i (-x_i) = -1$$

Si la distribución de la masa de probabilidad en torno a la media es indiferente, es decir, si a valores altos, bajos o medios en la otra, la masa se sitúa en forma homogénea alrededor de la media y los productos x y y tienen igual probabilidad de ser positivos o negativos, su suma será nula, y, por tanto:

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i = 0$$

En este caso se habla de ausencia de correlación o se dice que las variables están “incorrelacionadas”. Vemos pues que el coeficiente de Pearson, definido en el intervalo $-- (-1, +1)$, da una idea muy clara del grado de relación existente entre ambas variables.

d. Construcción de curvas de distribución de caudales medios anuales del Río Quevedo.

2. Utilización del Método

a. Método de Muskingum

Existen varios métodos para la estimación de propagación de crecidas en ríos, pero el método que se propone ensayar en esta investigación es el método desarrollado por Mc Carthy en conexión con estudios de propagación de crecidas en el río Muskingum, en Ohio, Estados Unidos.

Como todos los métodos hidrológicos, este no hace uso de las ecuaciones diferenciales de movimiento variado, sino de la forma particular de la ecuación de continuidad (conservación de masa). Para lo cual se utilizará la información de niveles de agua que se obtenga durante los meses de la época lluviosa correspondiente al periodo (diciembre-mayo) 1982-2006. De las estaciones limnimétricas ubicadas en los siguientes puntos: Baba y Quevedo en Quevedo pertenecientes al Inamhi.

Primera Aproximación: Una onda de creciente, ocurre cuando durante un intervalo de tiempo (Δt) , el valor del caudal Q_e (caudal de entrada al tramo), supera al caudal Q_s (caudal de salida del tramo), haciendo que se acumule un volumen (ΔV) en el trecho considerado.

Segunda Aproximación: El volumen total está compuesto por el volumen de cuña V_c y el del prisma V_p . El volumen de cuña es proporcional a la diferencia $Q_e - Q_s$, mientras que el volumen de prisma es proporcional a Q_s . Es decir:

$$V_c = k'(Q_e - Q_s)$$

Tercera Aproximación: Este método es una técnica de tránsito hidrológico, satisface la conservación de masa, pero no considera la dinámica de la onda de creciente.

Para conservación de masa:

$$Q_e = Q_s = \Delta V / \Delta t$$

- Q_e.- Caudal entrante promedio al tramo de río (m³/s);
- Q_s.- Caudal saliente promedio del tramo de río (m³/s);
- ΔV.- Cambio de almacenamiento (m³/s);
- Δt.- Intervalo de tiempo (s).

Una solución es obtenida expresando el almacenamiento en términos de caudal de entrada y salida.

1.-Para el flujo estacionario ($\partial y / \partial t = 0$) (caudal constante), el almacenamiento en un tramo del caudal es:

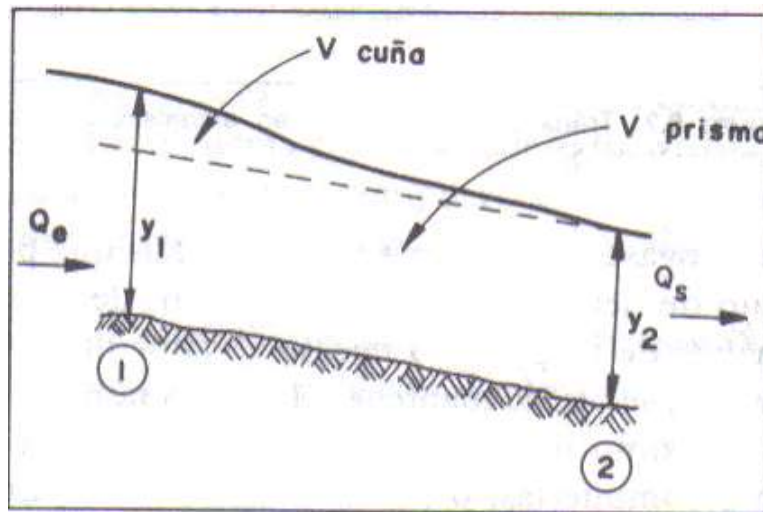
$$V = k \cdot Q_s$$

Donde:

- V.- Volumen de agua en almacenamiento (m³)
- k.- Constante de almacenamiento, definida como el tiempo de viaje promedio de la onda de creciente a través del tramo (s)
- Q_s.- Caudal de salida en el tramo (m³/s).

2.-Una onda de creciente es un flujo no estacionario ($\partial y / \partial t \neq 0$) (caudal variable), y se requiere una ecuación adicional para describir el almacenamiento de la cuña y el prisma que ocurre en una onda de creciente que avanza. (Fig. 4).

Figura 4. Almacenamiento por prisma y por cuña en un tramo del cauce.



Fuente: Heras R. 1976

El almacenamiento puede ser expresado como:

$$V = kQ_s + k(Q_e - Q_s)X$$

Donde:

K.-Constante de almacenamiento, aproximadamente igual al tiempo promedio de viaje de la onda de creciente a través del tramo (s)

Qs.-Caudal de salida del tramo (m³/s)

Qe.-Caudal de entrada al tramo (m³/s)

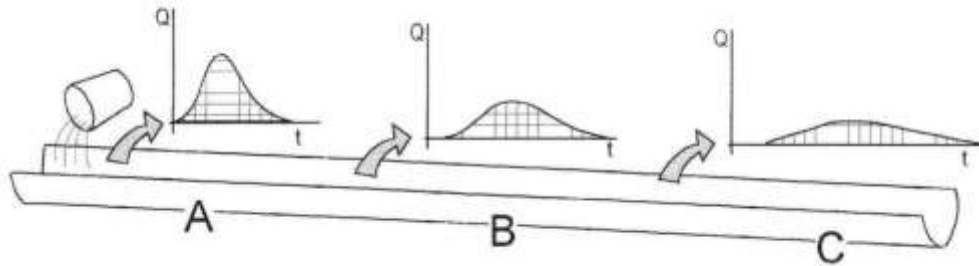
X.-Factor de peso para el almacenamiento de la cuña, adimensional.

b. Tránsito de avenidas Método de Muskingum

Evolución de un hidrograma a medida que discurre a lo largo de un cauce o a través de un depósito o embalse (fig.5). En el extremo de un canal seco se arroja un volumen de agua. El pequeño hidrograma generado será inicialmente más alto y de menor duración (posición A) y, a medida que avanza, el mismo volumen pasara por los puntos B y C cada vez con un hidrograma mas aplanado. Suponiendo que no existe perdida de volumen por (infiltración o

evaporación), de modo que el área comprendida bajo los tres hidrogramas será idéntica.

Figura 5. Evolución de un hidrograma.

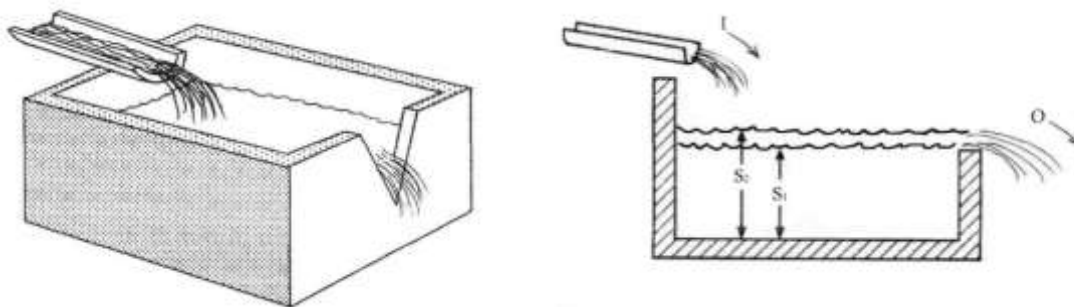


Fuente: Sánchez F. S. 2004

c. Proceso de tránsito de caudales en embalses o cauces.

El aumento en el caudal de entrada producirá también un aumento en el caudal de salida, pero amortiguado por el depósito (fig.6).

Figura 6. Proceso de tránsito de caudales en embalses o cauces



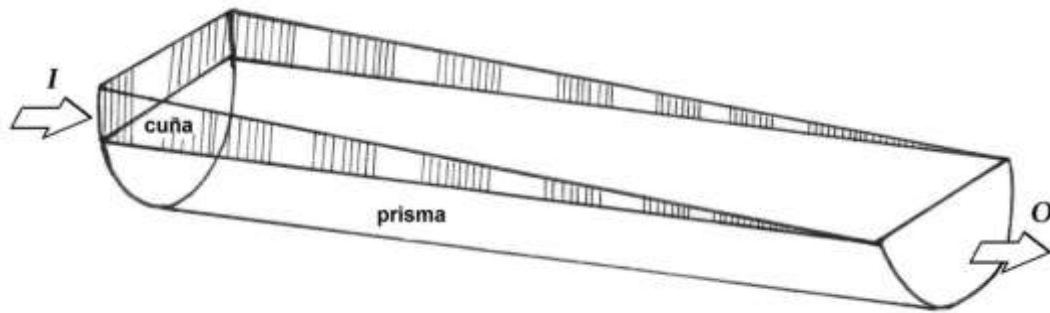
Fuente: Sánchez F. S. 2004

d. Almacenamiento en un tramo del cauce durante el tránsito de una avenida

Este almacenamiento(S) puede descomponerse en dos partes:

Almacenamiento en prisma, que sería proporcional al caudal de salida (O) y almacenamiento en cuña, que sería función de la diferencia entre el caudal de entrada y el de salida ($I-O$), ya que cuanto mayor sea esa diferencia, más pronunciada será la cuña (fig. 7).

Figura 7. Almacenamiento durante el paso de una avenida.



Fuente: Sánchez F. S. 2004

$$S_{prisma} = K \cdot O$$

$$S_{cuña} = K \cdot X \cdot (I - O)$$

Sumando las dos expresiones se obtiene:

$$S = K[XI + (1 - X)O]$$

3. Distribución de Gumbel

En teoría de probabilidad y estadística la distribución de Gumbel (llamada así en honor de Emil Julius Gumbel (1891-1966) es utilizada para modelar la distribución del máximo (o el mínimo), por lo que se usa para calcular valores extremos. Por ejemplo, es conveniente para representar la distribución del máximo nivel de un río a partir de los datos de niveles máximos durante 10 años. Es por esto que resulta muy práctico para predecir terremotos, inundaciones o cualquier otro desastre natural que pueda ocurrir.

La aplicabilidad potencial de la distribución de Gumbel para representar los máximos se debe a la teoría de valores extremos que indica que es probable que sea útil si la muestra de datos tiene una distribución normal o exponencial. La distribución de Gumbel se utiliza para el estudio de valores extremos y da la probabilidad de que se presente un valor a “X” o frecuencia acumulada con la siguiente expresión:

$$F_{(x)} = e^{-e^{-b}}$$

$$b = \frac{x - u}{\alpha}$$

$$u = \bar{x} - \alpha$$

$$\alpha = \frac{\sigma_x}{0}$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Para los caudales del Río Quevedo en el periodo: 1982 – 2006

$$Q_A = 0$$

$$\sigma_A = 0$$

$$\alpha = 0$$

$$u = 0$$

$$b = \frac{x - u}{\alpha}$$

$$F_{(QA)} = e^{-e^{-b}}$$

De acuerdo a la teoría estadística, en tiempo de recurrencia "Tr" de un evento de magnitud especificada " x_T ", se define como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o superan dicha magnitud.

Por tanto la relación entre la probabilidad $p = P_{(x \geq x_T)}$ de ocurrencia de un evento $x \geq x_T$ en cualquier observación y el tiempo de recurrencia es:

$$p = P_{(x \geq x_T)} = \frac{1}{Tr}$$

$$F_{(x)} = 1 - P_{(x \geq x_T)} = 1 - p = 1 - \frac{1}{Tr}$$

Por lo tanto si se fija un valor de tiempo de recurrencia se puede verificar el valor x_T que verifica la propiedad:

$$F_{(x_T)} = 1 - \frac{1}{Tr} = e^{-e^{-b}}$$

$$b = \frac{x_T - u}{\alpha}$$

Despejando:

$$e^{-e^{-b}} = F_{(x_T)}$$

$$-e^{-b} = \ln(F_{(x_T)}) \Rightarrow e^{-b} = -\ln(F_{(x_T)})$$

$$-b = \ln[-\ln(F_{(x_T)})]$$

$$b = -\ln[-\ln(F_{(x_T)})] = \frac{x_T - u}{\alpha}$$

$$x_T = -\ln[-\ln(F_{(x_T)})] * \alpha + u$$

$$\times_T = u - \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right] *_{\alpha}$$

$$Q_T^A = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{Tr} \right) \right] *$$

a. Ajuste de la Curva

Calcular las frecuencias acumuladas para los caudales del Río A clasificados de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$F_{(x)} = 1 - P_{(x \geq x_i)}$$

Hazen propuso la siguiente fórmula $P_{(x \geq x_i)} = \frac{2^{*n-1}}{2^{*N}}$ para dar la probabilidad de que un valor X supere el valor x_i , siendo N el número total de valores que van a ser graficados y n la posición de un valor en una lista ordenada por magnitud descendente.

De acuerdo a la teoría estadística se definen la función de frecuencia relativa y la de frecuencia acumulada, para la población estudiada, con las siguientes expresiones:

$$f_{(x)} = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta x \rightarrow 0}} \frac{f_{m(x)}}{\Delta x}$$

$$F_{(x)} = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta x \rightarrow 0}} F_{m(x)}$$

La primera es derivada de la expresión de la función de frecuencias relativas, para la muestra, $f_{m(x_i)} = \frac{n_i}{n} = P_{(x_i - \Delta x \leq x \leq x_i)}$, que es la probabilidad de que la variable aleatoria "X" caiga en el intervalo.

$$(x_i - \Delta x, x_i)$$

La segunda es derivada de la de frecuencias acumuladas para la muestra

estudiada $F_{m(x_i)} = \sum_{j=1}^i f_{m(x_j)} = P_{(x \leq x_i)}$, que es la probabilidad de

que una variable "X" sea menor al valor x_i .

b. Ley de Distribución de Gumbel para el cálculo de los periodos de retorno

Calcular los parámetros característicos de la Ley de Gumbel para el Río Quevedo en el periodo: 1982-2006

■ Calcular los caudales para los tiempos de recurrencia

■ Verificar el tiempo de recurrencia para un caudal

4. Análisis del mapa de inundaciones en el sector Quevedo – Mocache

a. Determinación de índices de alerta de crecidas.

5. Digitalización cartográfica mediante el programa ArcGIS 9.2

Se realizó una cartografía temática en SIG, utilizando ARGIS 9.2 para el cual se tomó la información digitalizada del Instituto de Informática para el Ordenamiento Territorial y Ambiental (INFOTERRA), para obtener el mapa base (mapa del sistema hídrico Baba- Vines), del cual se derivan los siguientes mapas temáticos: Sistema hídrico , Isoyetas (media multianual) , Isoyetas Fenómeno El Niño 97-98 , Isotermas (media multianual) , Isotermas Fenómeno El Niño 97-98 , ETP (media multianual) , ETP Fenómeno El Niño 97-98 , Área de estudio de la zona inundable.

a. Ecuación de Turc

Para la obtención del mapa de evapotranspiración potencial ETP, se utilizó la ecuación de Turc para el cálculo de la ETP anual en milímetros la ecuación es la siguiente:

$$ETP = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración anual en mm

P = Precipitación anual en mm

L = Un parámetro heliotérmico que tiene por expresión:

$$L = 300 + 25\theta + 0.05 \theta^3$$

Siendo:

θ = Temperatura media anual en °C

(Guía Metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur Unesco ROSTLAC, 1982 Montevideo Uruguay).

IV. RESULTADOS

Mediante las series de medias mensuales de caudal y precipitación del periodo: 1982-2006 (Anexo A, B.) se determinó que en el mes de febrero se presentan las mayores precipitaciones y en marzo la máxima crecida del río Quevedo, por lo que las lluvias locales no son un factor determinante en la crecida del río (fig.8). Se concluyó que existe una mínima diferencia en la distribución del caudal y de la precipitación (Tabla 8).

Tabla 8. Porcentajes de precipitación y caudal.

Meses	Precipitación (%)	Caudal (%)
Ene	15,9	10,8
Feb.	19,8	17,5
Mar	19,6	20,8
Abr.	15,6	18,2
Mayo	8,9	11,7
Jun.	3,0	5,6
Jul.	0,8	2,5
Ago.	1,4	1,8
Sep.	1,5	1,9
Oct.	1,0	1,8
Nov.	3,2	2,3
Dic.	9,2	5,0

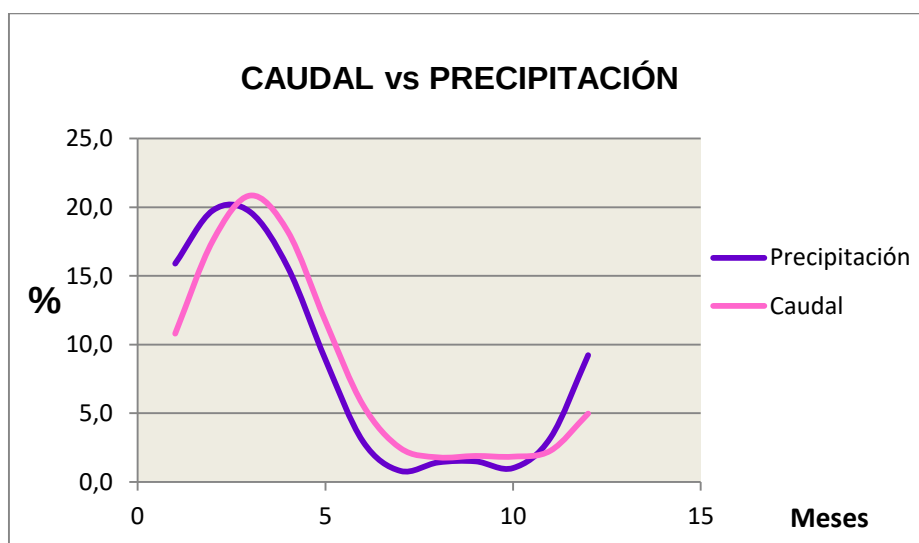
Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Tabla 9. Datos promedios de caudal y precipitación de las Estaciones Quevedo y Pichilingue periodo 1982-2006.

CAUDAL (m³/s)	287,3	501,0	534,9	512,9	319,2	139,7	75,7	49,8	47,5	46,0	75,5	123,9
PRECIPITACIÓN (mm)	397,6	446,3	413,6	404,7	176,2	58,4	46,7	13,8	31,7	31,1	85,0	175,3

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 8. Variación del Caudal con la Precipitación en Quevedo.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Mediante las series de caudales medios diarios de la estación Quevedo en Quevedo del periodo: 1982 – 2006, se determino los caudales de máximas crecidas los mismos que se presentan en el siguiente Tabla:

Tabla 10. Caudales medios de máximas crecidas, estación Quevedo en Quevedo, Puente Velasco Ibarra.

Año	Caudal (m³/s)
1982	483,33
1991	288,61
1993	244,97
1996	371,82
1997	390,93
1998	257,63

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Mapa de Isoyetas Fenómeno El Niño 97-98

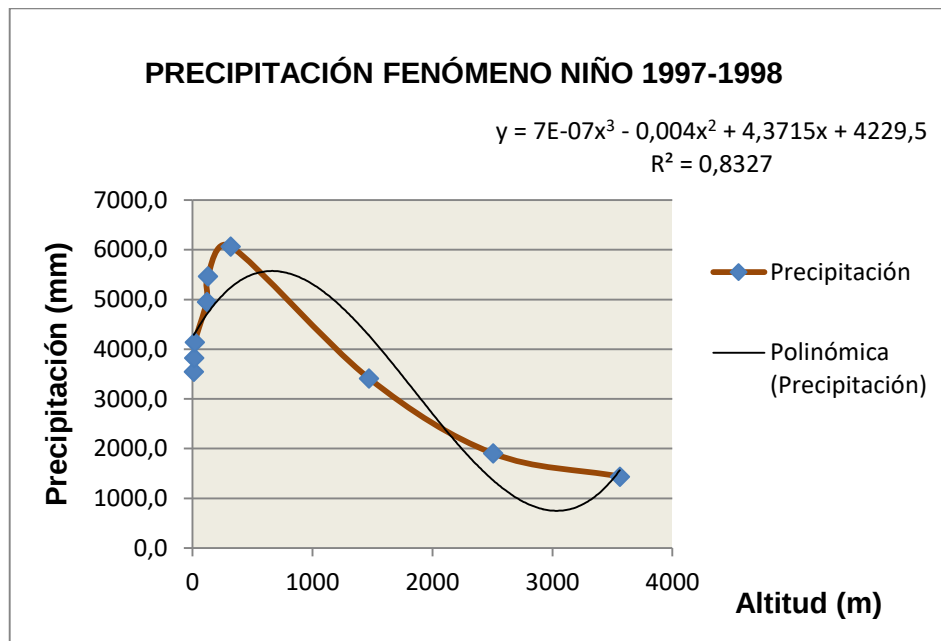
Para la obtención del modelo con el que se elaboró el mapa de Isoyetas (lámina 04 anexo T), se utilizó datos de precipitación de 9 estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio (Tabla 11), se tomo como base el año 1997 en el cual se produjo un fenómeno El Niño (evento extraordinario). Del cual se obtiene la ecuación de variación de la precipitación con la altitud, para la elaboración del mapa de Isoyetas Fenómeno El Niño 1997-1998 (fig.9).

Tabla 11. Datos de precipitación Fenómeno El Niño.

DATOS PRECIPITACIÓN			
AÑO	ESTACIÓN	ALTITUD (m)	SUMA ANUAL (mm)
1997	Milagro	13	3549,5
1997	Vinces	14	3825,0
1997	Puebloviejo	19	4139,1
1997	Pichilingue	120	4953,9
1997	Inmoriec	130	5469,3
1997	Puerto Ila	319	6067,9
1997	El Corazón	1471	3415,4
1997	Pilaló	2504	1904,6
1997	Cotopaxi	3561	1438,2

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 9. Precipitación Fenómeno El Niño 97-98.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Mapa de Temperatura Fenómeno El Niño 97-98

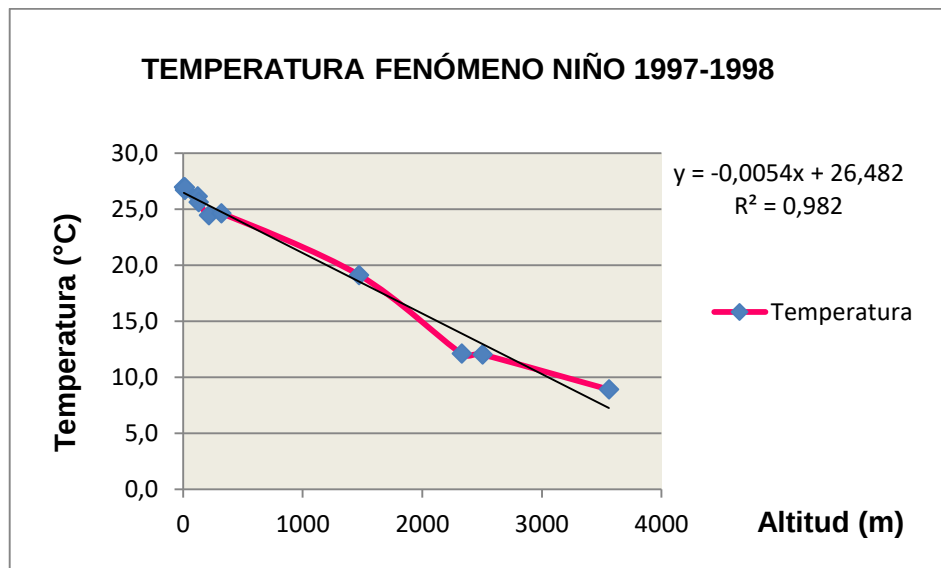
Para la obtención del modelo de temperatura con el que se elaboró el mapa de Isotermas (lámina 06 anexo V), se utilizó datos históricos de temperatura media multianual de 11 estaciones meteorológicas aplicando el criterio de cuencas hidrográficas homogéneas (Tabla 12), se tomó como base el año 1997 en el cual se produjo un fenómeno El Niño (evento extraordinario de importancia). Del cual se obtiene la ecuación de variación de la temperatura con la altitud, para la elaboración del mapa de Isotermas Fenómeno El Niño 1997-1998 (fig.10).

Tabla 12. Datos temperatura Fenómeno El Niño.

DATOS TEMPERATURA			
AÑO	ESTACIÓN	ALTITUD (m)	MEDIA (°C)
1997	Babahoyo	7	27,0
1997	Milagro	13	26,7
1997	Vinces	14	26,9
1997	Pichilingue	120	26,2
1997	Inmoriec	130	25,6
1997	La Maná	215	24,4
1997	Puerto Ila	319	24,6
1997	El Corazón	1471	19,1
1997	Chillanes	2330	12,1
1997	Pilaló	2504	12,0
1997	Cotopaxi	3561	8,9

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 10. Temperatura Fenómeno El Niño 97-98.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Mapa de ETP (media multianual) y Fenómeno El Niño

Para la generación de los mapas de Evapotranspiración Potencial (ETP) Media Multianual (lámina 07 anexo W), y Fenómeno El Niño (lámina 08 anexo X), se tomo como base los mapas de Isoyetas e Isotermas los mismos que con la aplicación del modelo matemático correspondiente y llevados al programa ArcGIS se obtuvieron los mapas de ETP media multianual y ETP Niño 97-98. Donde el incremento de la intensidad de las lluvias y de la temperatura concuerda con la presencia del Fenómeno El Niño.

Análisis del mapa de inundaciones en el sector Quevedo- Mocache

En este mapa (lámina 09 anexo Y), se pudo determinar que la zona más afectada en caso que se presente un evento adverso Fenómeno el Niño el área más inundable se encuentra aguas abajo en el sector Mocache.

Datos de caudales medios multianuales normados con una probabilidad del 95%.

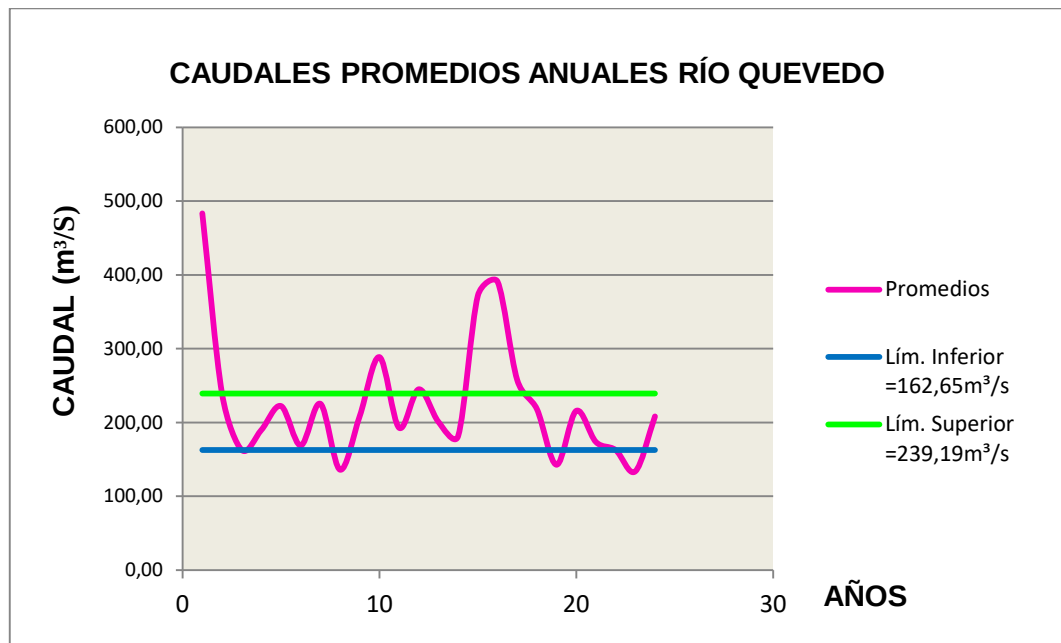
Se tomaron datos de caudales promedios por periodos anuales (Tabla 13) para determinar los caudales promedios anuales del río Quevedo y sus límites de confianza (fig.11) donde se determinó que los caudales promedios superan los límites de confianza cuando se produjo un fenómeno El Niño (evento extraordinario de importancia).

Tabla 13. Caudales medios anuales del Río Quevedo en Quevedo y sus límites de confianza.

Periodos	Promedios (m ³ /s)	Lím.Inferior	Lím.Superior
1982-1983	483,33	162,65	239,19
1983-1984	239,19	162,65	239,19
1984-1985	162,66	162,65	239,19
1985-1986	189,79	162,65	239,19
1986-1987	222,24	162,65	239,19
1987-1988	168,81	162,65	239,19
1988-1989	225,30	162,65	239,19
1989-1990	135,89	162,65	239,19
1990-1991	208,71	162,65	239,19
1991-1992	288,61	162,65	239,19
1992-1993	192,70	162,65	239,19
1993-1994	244,97	162,65	239,19
1994-1995	200,71	162,65	239,19
1995-1996	181,61	162,65	239,19
1996-1997	371,82	162,65	239,19
1997-1998	390,93	162,65	239,19
1998-1999	257,63	162,65	239,19
1999-2000	218,24	162,65	239,19
2000-2001	142,64	162,65	239,19
2001-2002	215,73	162,65	239,19
2002-2003	173,51	162,65	239,19
2003-2004	162,65	162,65	239,19
2004-2005	133,66	162,65	239,19
2005-2006	208,17	162,65	239,19

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 11. Caudales promedios anuales río Quevedo.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

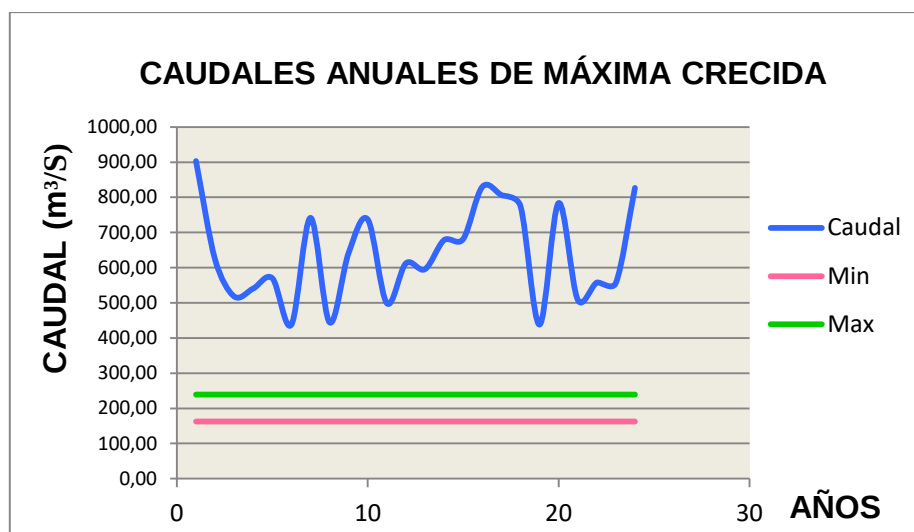
Se escogieron los datos de los meses con mayor intensidad de lluvias del periodo 1982-2006 y sus límites de confianza (Tabla 14). Para determinar los caudales anuales de máxima crecida (fig.12) observándose que los límites de confianza están muy por debajo de los caudales anuales de máxima crecida del río Quevedo.

Tabla 14. Caudales anuales de máxima crecida del río Quevedo en Quevedo periodo 1982-2006.

Fechas	Caudal (m³/s)	Min	Max
1983 enero	903,18	162,65	239,19
1984 febrero	623,31	162,65	239,19
1985 marzo	518,13	162,65	239,19
1986 abril	540,79	162,65	239,19
1987 abril	569,91	162,65	239,19
1988 febrero	438,15	162,65	239,19
1989 marzo	741,68	162,65	239,19
1990 febrero	444,44	162,65	239,19
1991 febrero	642,51	162,65	239,19
1992 febrero	736,88	162,65	239,19
1993 abril	498,93	162,65	239,19
1994 marzo	612,36	162,65	239,19
1995 abril	595,66	162,65	239,19
1996 marzo	678,49	162,65	239,19
1997 marzo	681,39	162,65	239,19
1998 abril	829,72	162,65	239,19
1999 marzo	806,63	162,65	239,19
2000 abril	775,39	162,65	239,19
2001 abril	437,98	162,65	239,19
2002 marzo	783,80	162,65	239,19
2003 febrero	509,00	162,65	239,19
2004 abril	557,60	162,65	239,19
2005 abril	556,81	162,65	239,19
2006 marzo	826,76	162,65	239,19

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 12. Caudales anuales de máxima crecida.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

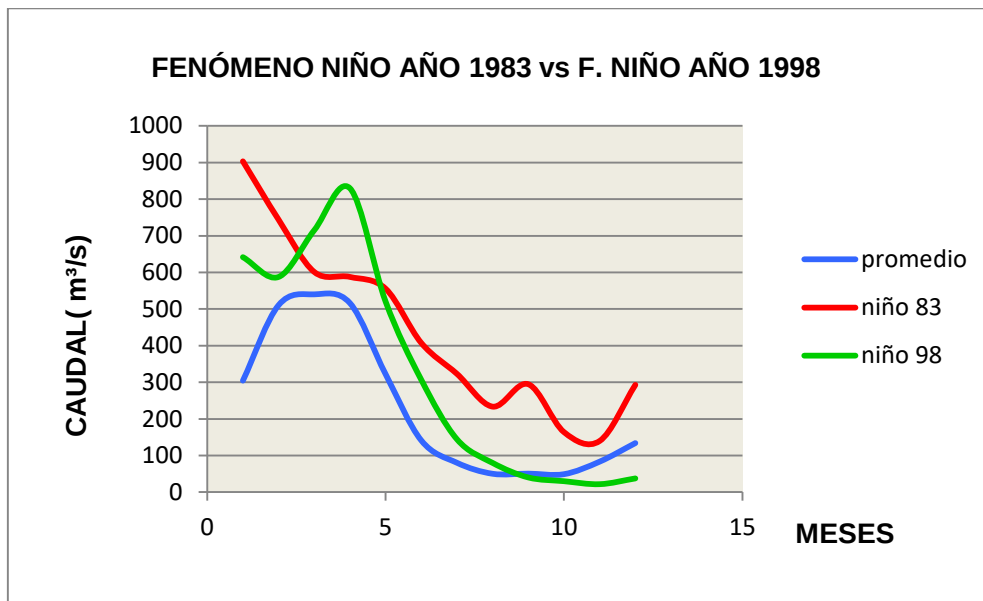
Para efecto de este estudio se tomaron datos de caudal de los años en que se produjeron fenómenos El Niño 83-98 (Tabla 15). Y se procedió a hacer un comparativo (fig.13) en el año 1982 El Niño se presentó con mayor intensidad, a pesar de esto se consideró al Niño 1997-1998 más destructivo por los daños ocasionados.

Tabla 15. Comparativo Fenómeno Niño años 1983/1998.

Meses	Promedio (Normal)	Niño 83	Niño 98
Ene	304.48	903,18	641,59
Feb	510.48	744,10	587,54
Mar	540.05	601,16	715,16
Abr	516.21	587,65	829,72
May	322.13	555,55	520,22
Jun	141.24	407,42	306,82
Jul	80.22	323,01	144,39
Ago	50.27	233,57	79,90
Sep	50.64	294,74	40,21
Oct	49.13	163,94	29,96
Nov	83.37	139,82	21,83
Dic	133.98	292,93	37,56

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 13. Comparativo Fenómeno El Niño 1983/1998.

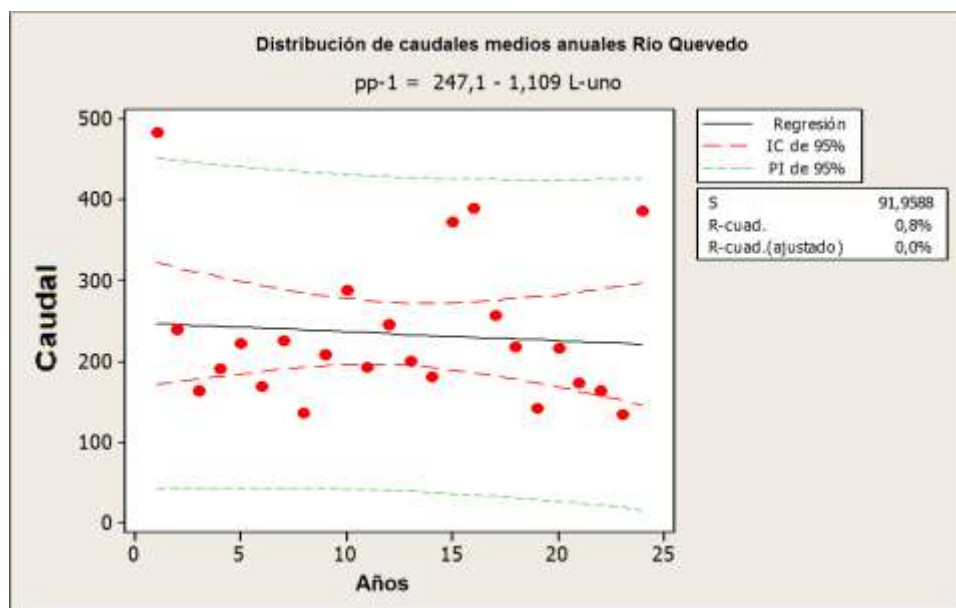


Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figuras de normalización de la serie de Caudales (Anexo C.)

Del análisis de la varianza en la figura 14 (primera aproximación), se puede apreciar los 24 datos medios anuales de caudal de la estación hidrológica Quevedo en Quevedo en la que se presenta años anómalos (datos fuera de la línea del 95% de probabilidad).

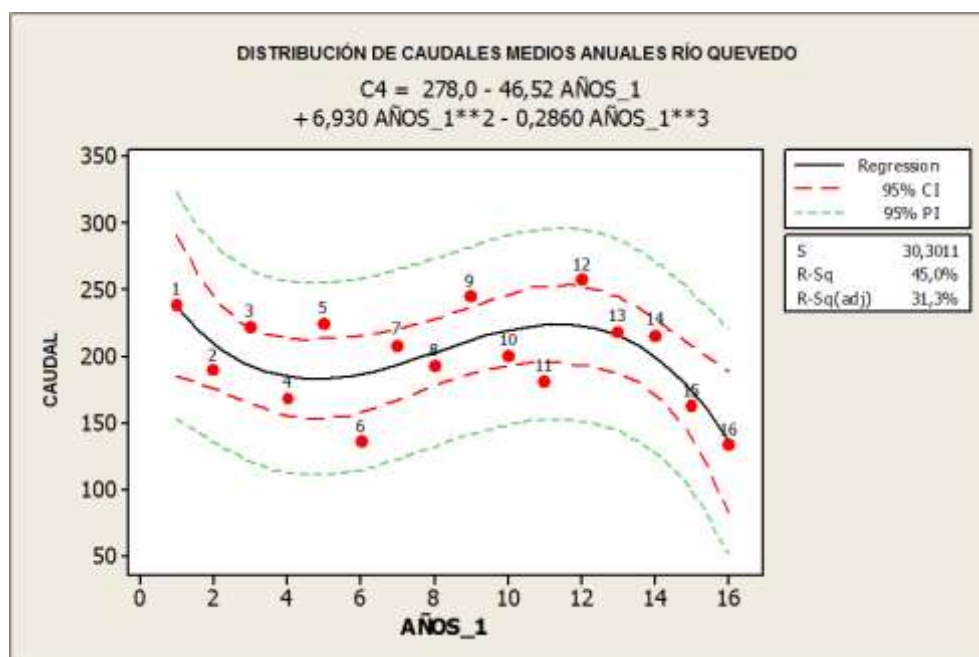
Figura 14. Normalización de la serie de caudales primera aproximación.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Del análisis de la varianza en la figura 15 (segunda aproximación), se aprecia los 16 datos de caudal que se enmarcan dentro de las líneas de probabilidad del 95% (límites de confianza).

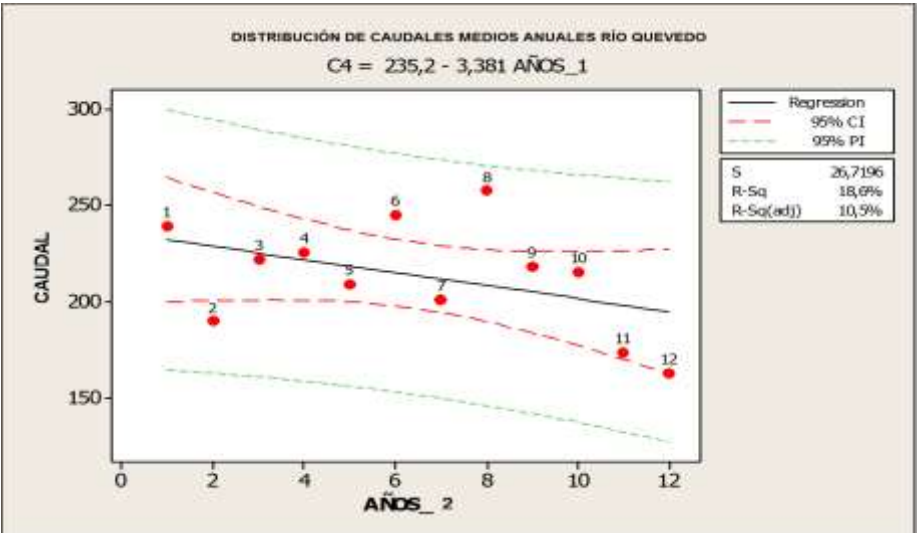
Figura 15. Normalización de la serie de caudales segunda aproximación.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Del análisis de la varianza en la figura 16 (tercera aproximación), 12 datos se encuentran dentro de los límites de confianza con el 95% de probabilidad.

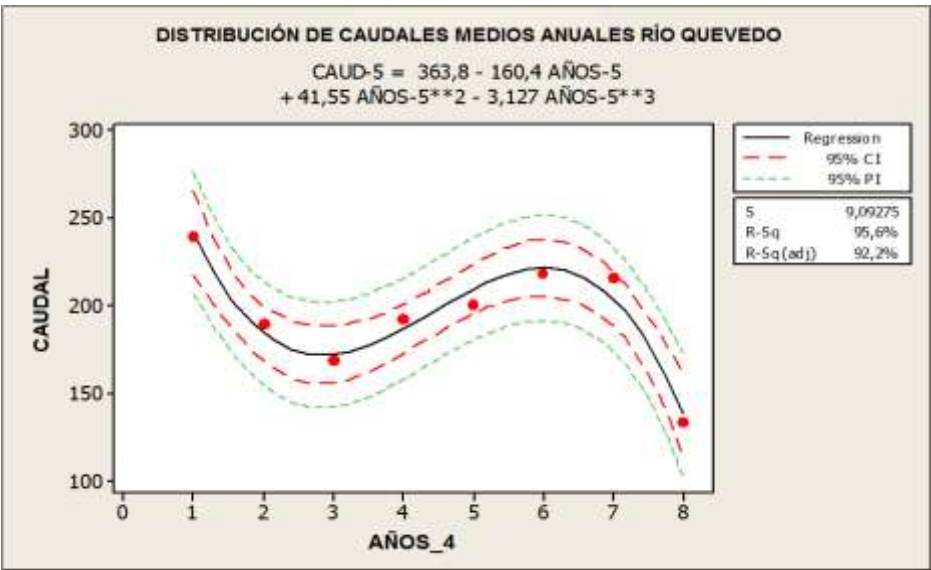
Figura 16. Normalización de la serie de caudales tercera aproximación.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Del análisis de la varianza fig. 17 (última aproximación), se desprende que solamente 8 datos, se ajustan a la normalidad (datos dentro de los límites de confianza) por lo cual estos constituyen la base del análisis.

Figura 17. Normalización de la serie de caudales cuarta aproximación.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

A. Aplicación del Método de Muskingum

Hidrograma de entrada (I) y las características del terreno ($K=2d$; $X=0,1$)

Para la obtención del hidrograma de salida (O) de dicho tramo

Cuando; $\Delta t = K$

$Q_e = I$

$Q_s = O$

1. A partir de los valores X , K y Δt , calculamos los valores de los coeficientes:

$$C_0 = \frac{-KX + 0.5\Delta t}{K - KX + 0.5\Delta t} \quad C_0 = 0.1304$$

$$C_1 = 0.3044$$

$$C_1 = \frac{XK + 0.5\Delta t}{K - KX + 0.5\Delta t} \quad C_2 = 0.5652$$

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1$$

$$C_2 = \frac{K - KX - 0.5\Delta t}{K - KX + 0.5\Delta t}$$

2. Asumimos $O_2 = O_1$ y calculamos sucesivamente las demás ordenadas del hidrograma de salida, mediante la expresión general:

$$O_i = C_0 I_i + C_1 I_{i-1} + C_2 O_{i-1}$$

$$O_{13} = C_0 I_{13} + C_1 I_{12} + C_2 O_{12}$$

Tabla 16. Primera Aproximación abril Baba 1998.

Abril Baba 1998			Primera Aproximación			
Tabla de resultados						
Caudal Baba (m³/s)	flujo	Col1	C1I1	C2O1	Caudal de entrada a Quevedo (m³/s)	
307,916	307,916				615,832	
247,28	247,28	32,245	93,730	174,034	300,009	
374,7	374,7	48,861	75,272	139,763	263,896	
216,614	216,614	28,246	114,059	211,780	354,086	
352,365	352,365	45,948	65,937	122,430	234,316	
388,854	388,854	50,707	107,260	199,157	357,123	
289,354	289,354	37,732	118,367	219,780	375,879	
211,492	211,492	27,579	88,079	163,543	279,201	
168,754	168,754	22,006	64,378	119,535	205,919	
489,152	489,152	63,785	51,369	95,380	210,534	
254,882	254,882	33,237	148,898	276,469	458,603	
260,316	260,316	33,945	77,586	144,059	255,591	
305,809	305,809	39,877	79,240	147,131	266,248	
235,625	235,625	30,726	93,088	172,843	296,657	
418,466	418,466	54,568	71,724	133,175	259,467	
245,652	245,652	32,033	127,381	236,517	395,931	
336,191	336,191	43,839	74,776	138,843	257,458	
335,448	335,448	43,742	102,337	190,015	336,094	
284,29	284,29	37,071	102,110	189,595	328,777	
220,849	220,849	28,799	86,538	160,681	276,017	
204,26	204,26	26,636	67,226	124,824	218,686	
210,766	210,766	27,484	62,177	115,448	205,108	
237,945	237,945	31,028	64,157	119,125	214,310	
194,847	194,847	25,408	72,430	134,487	232,325	
217,415	217,415	28,351	59,311	110,128	197,790	
206,433	206,433	26,919	66,181	122,883	215,983	
252,46	252,46	32,921	62,838	116,676	212,435	
212,565	212,565	27,718	76,849	142,690	247,258	
269,299	269,299	35,117	64,705	120,142	219,963	
337,873	337,873	44,059	81,975	152,208	278,241	
suma	8287,872	8287,872	1040,58626	2419,9797	4493,33943	8569,73739
media	276,2624	276,2624	35,8822849	83,4475757	154,942739	285,657913
máx.	489,152	489,152	63,7854208	148,897869	276,46871	615,832
min	168,754	168,754	22,0055216	51,3687176	95,3797608	197,789867

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

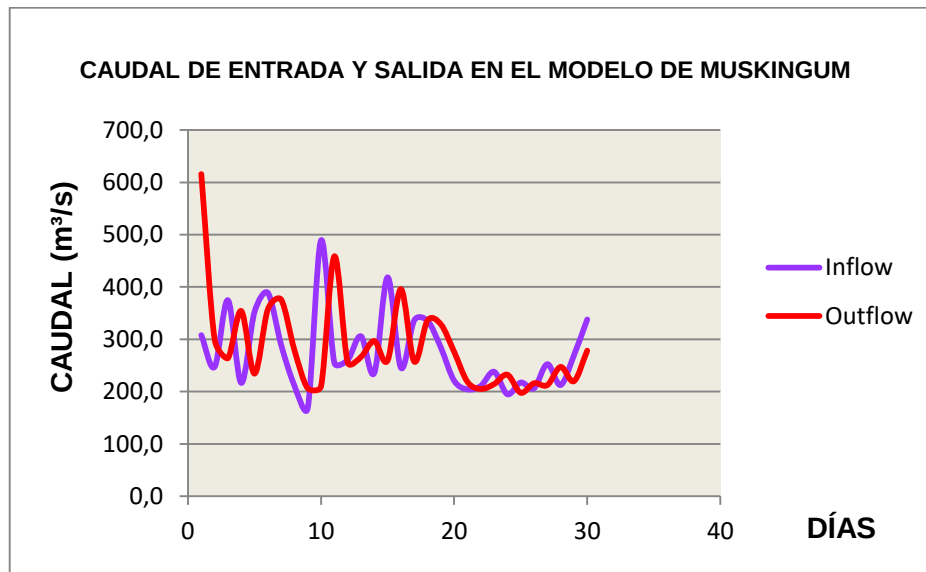
En los datos de entrada que se muestran en la Tabla 16. Se utilizaron los caudales de abril del año 1998, donde se produjo un fenómeno El Niño.

Tabla 17. Calibración de los parámetros de rutina primera aproximación.

Primera Aproximación						
CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RUTINA						
Time (d)	Inflow (m³/s)	Outflow (m³/s)	Storage	X=0,1	X=0,2	X=0,3
1	307,9	615,8	0	0	0	0
2	247,3	300,0	-180,322533	294,74	289,46	284,19
3	374,7	263,9	-151,28485	274,98	263,90	297,14
4	216,6	354,1	-164,618426	340,34	354,09	312,84
5	352,4	234,3	-174,329684	246,12	234,32	269,73
6	388,9	357,1	-99,4397324	360,30	357,12	366,64
7	289,4	375,9	-126,836915	367,23	375,88	349,92
8	211,5	279,2	-203,953913	272,43	279,20	258,89
9	168,8	205,9	-256,390793	202,20	205,92	194,77
10	489,2	210,5	-135,664225	238,40	210,53	294,12
11	254,9	458,6	-98,2157704	438,23	458,60	397,49
12	260,3	255,6	-197,713663	256,06	255,59	257,01
13	305,8	266,2	-175,570604	270,20	266,25	278,12
14	235,6	296,7	-186,30625	290,55	296,66	278,35
15	418,5	259,5	-137,322987	275,37	259,47	307,17
16	245,7	395,9	-132,963247	380,90	395,93	350,85
17	336,2	257,5	-168,736417	265,33	257,46	281,08
18	335,4	336,1	-129,693116	336,03	336,09	335,90
19	284,3	328,8	-152,259671	324,33	328,78	315,43
20	220,8	276,0	-202,087316	270,50	276,02	259,47
21	204,3	218,7	-236,88436	217,24	218,69	214,36
22	210,8	205,1	-241,268449	205,67	205,11	206,81
23	237,9	214,3	-226,622211	216,67	214,31	221,40
24	194,8	232,3	-233,543792	228,58	232,33	221,08
25	217,4	197,8	-242,470236	199,75	197,79	203,68
26	206,4	216,0	-237,432643	215,03	215,98	213,12
27	252,5	212,4	-222,195077	216,44	212,43	224,44
28	212,6	247,3	-219,528884	243,79	247,26	236,85
29	269,3	220,0	-212,207286	224,90	219,96	234,76
30	337,9	278,2	-157,723368	284,20	278,24	296,13

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 18. Caudal de entrada y salida en el modelo de Muskingum Primera Aproximación.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

De la figura 18 se puede notar que existe similitud entre los caudales de entrada en la estación Baba y de salida en la estación Quevedo en Quevedo sin embargo, ocurre que los datos de salida son menores que los de entrada debiendo obtenerse como respuesta todo lo contrario (tabla 17).

Las respuestas en la segunda y tercera aproximaciones son similares a la primera los datos y figuras para su verificación se encuentran en anexos. (Ver anexos E, F, H, I).

Tabla 18. Cuarta Aproximación abril Baba 1998.

Abril Baba 1998			Cuarta Aproximación (3)			
Tabla de resultados						
Caudal Baba (m³/s)	flujo	Col1	C1I1	C2O1	Caudal de entrada a Quevedo (m³/s)	
307,916	923,748				615,832	
247,28	741,84	96,736	281,189	522,102	900,027	
374,7	1124,1	146,583	225,816	419,288	791,687	
216,614	649,842	84,739	342,176	635,341	1062,257	
352,365	1057,095	137,845	197,812	367,291	702,948	
388,854	1166,562	152,120	321,780	597,470	1071,369	
289,354	868,062	113,195	355,101	659,341	1127,638	
211,492	634,476	82,736	264,238	490,629	837,602	
168,754	506,262	66,017	193,134	358,606	617,757	
489,152	1467,456	191,356	154,106	286,139	631,602	
254,882	764,646	99,710	446,694	829,406	1375,810	
260,316	780,948	101,836	232,758	432,178	766,772	
305,809	917,427	119,632	237,721	441,392	798,745	
235,625	706,875	92,177	279,265	518,530	889,971	
418,466	1255,398	163,704	215,173	399,526	778,402	
245,652	736,956	96,099	382,143	709,551	1187,793	
336,191	1008,573	131,518	224,329	416,528	772,375	
335,448	1006,344	131,227	307,010	570,045	1008,282	
284,29	852,87	111,214	306,331	568,786	986,331	
220,849	662,547	86,396	259,614	482,042	828,052	
204,26	612,78	79,907	201,679	374,472	656,057	
210,766	632,298	82,452	186,530	346,343	615,325	
237,945	713,835	93,084	192,472	357,375	642,930	
194,847	584,541	76,224	217,291	403,460	696,975	
217,415	652,245	85,053	177,934	330,383	593,370	
206,433	619,299	80,757	198,543	368,649	647,949	
252,46	757,38	98,762	188,515	350,028	637,305	
212,565	637,695	83,155	230,546	428,071	741,773	
269,299	807,897	105,350	194,114	360,425	659,889	
337,873	1013,619	132,176	245,924	456,623	834,723	
suma	8287,872	24863,616	3121,75879	7259,93909	13480,0183	24477,5482
media	276,2624	828,7872	107,646855	250,342727	464,828217	815,918273
máx.	489,152	1467,456	191,356262	446,693606	829,406131	1375,80958
min	168,754	506,262	66,0165648	154,106153	286,139282	593,369602

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

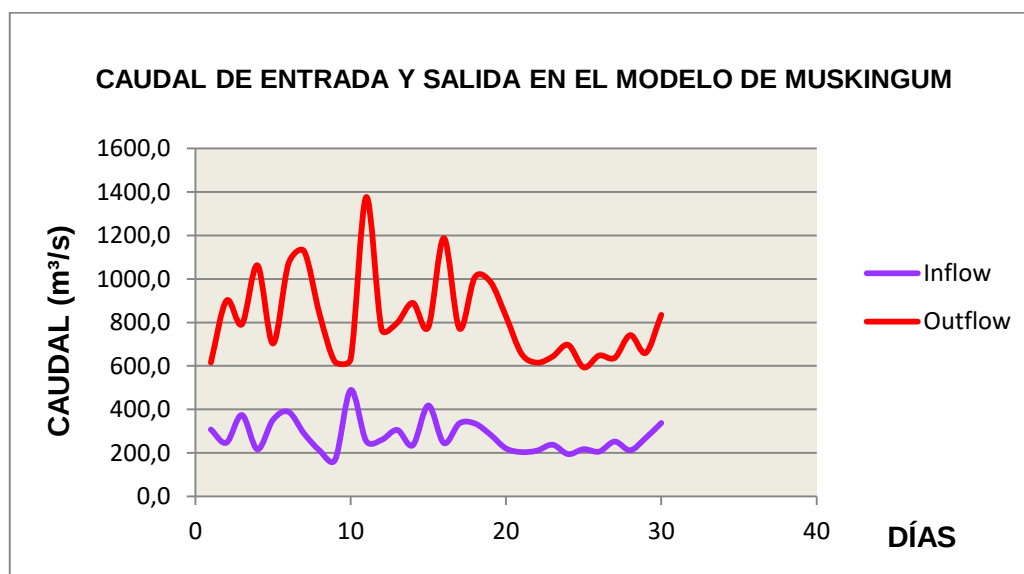
En los datos de entrada que se muestran en la Tabla 18. Se utilizaron los caudales de abril del año 1998, donde se produjo un fenómeno El Niño.

Tabla 19. Calibración de los parámetros de rutina cuarta aproximación.

Cuarta Aproximación						
CALIBRACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE RUTINA						
Time (d)	Inflow (m³/s)	Outflow (m³/s)	Storage	X=0,1	X=0,2	X=0,3
1	307,9	615,8	0	0	0	0
2	247,3	900,0	-480,331598	834,75	769,48	704,20
3	374,7	791,7	-1015,19855	749,99	708,29	666,59
4	216,6	1062,3	-1646,51328	977,69	893,13	808,56
5	352,4	702,9	-2244,62605	667,89	632,83	597,77
6	388,9	1071,4	-2761,1752	1003,12	934,87	866,61
7	289,4	1127,6	-3521,57475	1043,81	959,98	876,15
8	211,5	837,6	-4253,77174	774,99	712,38	649,77
9	168,8	617,8	-4791,32838	572,86	527,96	483,06
10	489,2	631,6	-5087,05467	617,36	603,11	588,87
11	254,9	1375,8	-5718,74331	1263,72	1151,62	1039,53
12	260,3	766,8	-6532,43499	716,13	665,48	614,84
13	305,8	798,7	-7032,13081	749,45	700,16	650,86
14	235,6	890,0	-7605,77175	824,54	759,10	693,67
15	418,5	778,4	-8112,91296	742,41	706,42	670,42
16	245,7	1187,8	-8763,95174	1093,58	999,36	905,15
17	336,2	772,4	-9453,11425	728,76	685,14	641,52
18	335,4	1008,3	-10007,6233	941,00	873,72	806,43
19	284,3	986,3	-10695,061	916,13	845,92	775,72
20	220,8	828,1	-11349,6829	767,33	706,61	645,89
21	204,3	656,1	-11879,1831	610,88	565,70	520,52
22	210,8	615,3	-12307,3613	574,87	534,41	493,96
23	237,9	642,9	-12712,1336	602,43	561,93	521,43
24	194,8	697,0	-13165,6904	646,76	596,55	546,34
25	217,4	593,4	-13604,7317	555,77	518,18	480,58
26	206,4	647,9	-14013,4669	603,80	559,65	515,49
27	252,5	637,3	-14426,6472	598,82	560,34	521,85
28	212,6	741,8	-14883,6737	688,85	635,93	583,01
29	269,3	659,9	-15343,5729	620,83	581,77	542,71
30	337,9	834,7	-15787,2931	785,04	735,35	685,67

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

Figura 19. Caudal de entrada y salida en el Modelo de Muskingum Cuarta Aproximación.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

De la figura 19 (cuarta aproximación) se puede ver que los caudales de salida son demasiado altos con respecto a los de entrada (tabla 19), sin embargo se puede notar que la forma de las curvas son relativamente coincidentes.

1. Método práctico para evaluaciones

El método Gumbel, es una función de distribución que se adapta mejor a la predicción de un fenómeno como puede ser una riada y más exactamente la relación entre la altura del agua y el caudal, se considera como una función exponencial por lo cual las variables aleatorias como son la altura máxima del agua y el caudal van a ser una función exponencial.

2. Periodo de Retorno Ley de Gumbel

La aplicación de la distribución Gumbel se ha utilizado con buenos resultados para el cálculo de valores extremos de variables hidro-meteorológicas, entre ellas precipitaciones y caudales máximos. En este estudio, se ha empleado para el cálculo de los periodos de retorno de los caudales del río Quevedo.

Tabla 20. Datos de entrada para el cálculo de los periodos de retorno.

Años	Nº de Datos	Caudal (m³/s)	P(x)
1982	1	903,18	1,000
1983	2	829,72	0,958
1984	3	826,76	0,917
1985	4	806,63	0,875
1986	5	783,80	0,833
1987	6	775,39	0,792
1988	7	741,68	0,750
1989	8	736,88	0,708
1990	9	681,39	0,667
1991	10	678,49	0,625
1992	11	642,51	0,583
1993	12	623,31	0,542
1994	13	612,36	0,500
1995	14	595,66	0,458
1996	15	569,91	0,417
1997	16	557,60	0,375
1998	17	556,81	0,333
1999	18	540,79	0,292
2000	19	518,13	0,250
2001	20	509,00	0,208
2002	21	498,93	0,167
2003	22	444,44	0,125
2004	23	438,15	0,083
2005	24	437,98	0,042
2006			
	suma	15309,50	
	promedio	637,90	
	destd	137,1954058	
	alfa	106,9749753	
	u	576,1500026	
	b	ecuación	

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

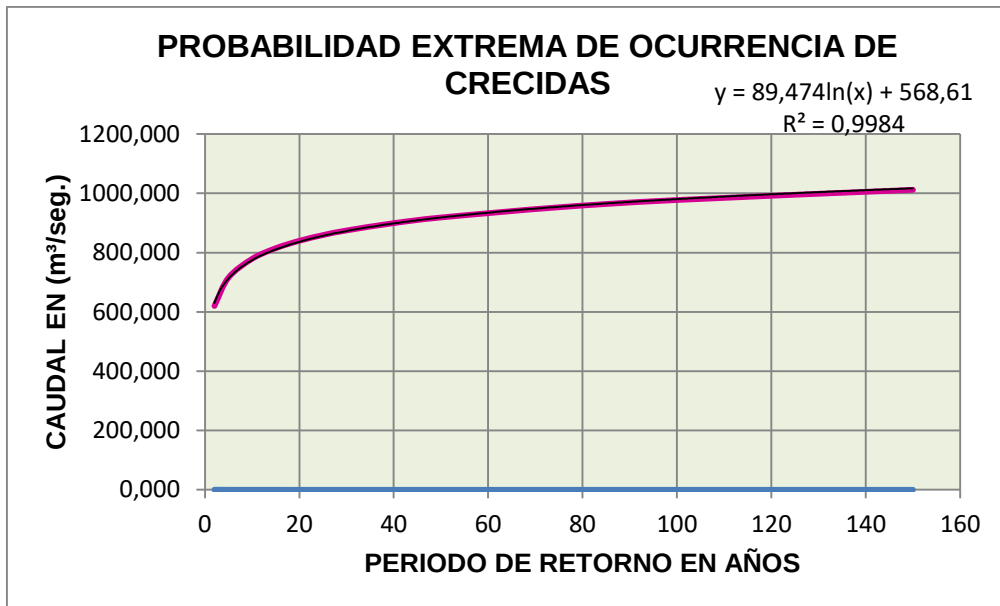
Tabla 21. Periodos de retorno (Tr).

Tr	150	100	75	50	40	30	25	20	15	10	5	2
p	0,007	0,010	0,013	0,020	0,025	0,033	0,040	0,050	0,067	0,100	0,200	0,500
F(Xt)	0,993	0,990	0,987	0,980	0,975	0,967	0,960	0,950	0,933	0,900	0,800	0,500
Q	1011,92	977,55	953,12	918,60	899,54	874,89	859,21	839,93	814,90	779,16	715,80	620,11

Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

En la tabla 21 determinamos que una vez cada dos años ha de ocurrir una crecida de 620,11 m³/s o más , cada diez años ha de ocurrir una crecida de 779,16 m³/s o más así sucesivamente para cada uno de los distintos periodos de retorno. Lo que se calculo con una probabilidad del 99% (fig.20).

Figura 20. Logarítmica con un ajuste casi perfecto del 99%.



Fuente: Enríquez, M.L. y Enríquez, M.P. (2011)

V. DISCUSIÓN

Para este estudio que consistió en la aplicación del Método de Muskingum en el sistema Baba – Vines se pudo determinar que el almacenamiento dio valores negativos en las cuatro aproximaciones realizadas. Debido a que el tramo utilizado en este estudio recibe aportaciones del subsistema hídrico Quindigua, San Pablo, Río Lulo y otros esteros estacionales.

Pizarro (2009). En una investigación llevada a efecto en la Región de Maule Chile, zona central que tiene un clima mediterráneo, con la información de 3 estaciones fluviométricas de este sistema hídrico logro calibrar y validar el método con excelentes resultados, sin embargo se puede determinar que cada crecida es diferente de otra debido a que el principal factor que influye en la modelización del tránsito de avenidas son las aportaciones intermedias. Un factor parecido al escenario que se presenta en el sistema Baba-Vines.

Por otra parte, se verificó que mientras más altas eran las diferencias entre los volúmenes que entraban al tramo y los que salían de él, las medidas de bondad de ajuste acusaban menores valores de calidad en sus resultados, lo que hace notar la importancia de que se cumpla con la modelización que represente exactamente un tránsito de avenidas y que no se produzcan aportaciones intermedias.

El British Flood Studies (Natural Environment Search Council) (1975).

Concluye que el método de tránsito de avenidas de Muskingum modificado por Cunge (Muskingum – Cunge) ofrece ventajas sobre los métodos estándares de onda cinemática ya que tiende a mostrar una menor atenuación de la onda, permitiendo escoger los incrementos de espacio y tiempo para cálculos más flexibles. La desventaja de este método Muskingum- Cunge radica en que no puede manejar efectos de perturbaciones aguas abajo producidas aguas arriba y por lo tanto no puede predecir el hidrograma de caudal de salida aguas abajo principalmente cuando existan grandes variaciones de las crecientes sobre las planicies.

Henderson (1966) demostró que los parámetros; onda cinemática, difusión e hidrodinámica son despreciables en ríos con grande pendiente, existe efectos desde aguas abajo sobre el escurrimiento que proviene de aguas arriba, al introducir el término de presión en el modelo de onda cinemática, este tipo de escurrimiento puede ser modelizado. En este caso el modelo es llamado como de Difusión, estos modelos no consideran los términos de inercia. Este término es importante cuando ocurren grandes variaciones temporales y espaciales de velocidad del sistema. En este caso, pasa a ser importantes el uso del Modelo Hidrodinámico que considera la ecuación de cantidad de movimiento con todos sus términos.

Según Sánchez, F.S. (2004). En el Modelo de Muskingum, X es una constante que en teoría puede estar entre 0.0 y 0.5 pero normalmente vale 0.2 – 0.3. En primera aproximación suele tomarse 0.2. Si $K = \Delta t$ y $X = 0.5$ el hidrograma de salida es idéntico al de entrada pero desplazado a la derecha.

Si se conocen las constantes K y X se puede calcular los caudales de salida a partir de los caudales de entrada.

Aparicio (1992). En términos muy generales, se puede decir que x se aproxima a 0.0 en cauces muy caudalosos y de pendiente pequeña, y a 0.5 en caso contrario. A falta de otros datos, es recomendable tomar $x=0.2$ como un valor medio.

Según Tucci (1998) Los modelos de almacenamiento utilizan la ecuación de continuidad concentrada (1er Ecuación de Saint Venant) en una relación entre el almacenamiento, el caudal de entrada y salida del trecho, para simular el escurrimiento en un río o canal. Este tipo de modelo es muy utilizado en hidrología debido principalmente, a la simplicidad de su formulación y al pequeño volumen de datos necesario para su empleo. La ecuación de continuidad es transformada, despreciándose la variación longitudinal del caudal y del área a lo largo del trecho. En este caso, las variables terminan siendo el almacenamiento S y el caudal de entrada I .

VI. CONCLUSIONES

- a) Los caudales de máximas crecidas en el sistema hídrico Baba – Vinces se registraron durante los periodos 1982-1983 con un promedio anual de 483,33 m³/s .El segundo caudal de máxima crecida durante el periodo 1997-1998 con un promedio anual de 390,93 m³/s estos son los eventos más significativos registrados en las estaciones hidrométricas de Quevedo y Baba.
- b) Las aproximaciones primera y cuarta para probar la efectividad del Método de Muskingum son las que más se ajustan a la curva de descarga sin embargo no representan el flujo real de escurrimiento en la estación Quevedo en Quevedo.
- c) La aplicación del método de Muskingum de acuerdo a la investigación realizada no refleja el flujo real de las crecidas en el sistema Baba-Vinces, debido a los aportes de los ríos Quindigua, San Pablo y Lulo, los mismos que representan alrededor del 65% del caudal observado en la estación Quevedo en Quevedo.
- d) Los periodos de retorno determinados según la metodología de Gumbel nos permite establecer la probabilidad de ocurrencia de un suceso una vez cada 2 años, cada 5 años, cada 10 años sucesivamente y se ajusta a la ocurrencia de eventos extraordinarios por lo tanto este constituye un indicador de los eventos que podrían ocurrir, sin embargo no permite realizar un pronóstico de cómo ocurrirá el fenómeno en un determinado tiempo.
- e) La ocurrencia de avenidas torrenciales en el área de estudio, está ligada a la intensidad de las precipitaciones que ocurren en las estribaciones de la cordillera occidental, antes que a la intensidad de lluvias en el sector.

VII. RECOMENDACIONES

- a) Seguir recopilando la información hidrológica de las estaciones Baba y Vinces con la finalidad de contar con datos históricos para futuros estudios.
- b) Identificar otro método de pronóstico hidrológico que se ajuste mejor a las condiciones locales del sistema hídrico Baba-Vinces.
- c) Se sugiere seguir con el estudio aplicando un modelo de onda cinemática del proceso lluvia- escorrentía.
- d) Finalmente se recomienda una serie de parámetros para la aplicación del método de Muskingum y que su aplicación solo se haga cuando se posea la certeza que los volúmenes de entrada y salida del tramo sean similares y no existan aportaciones intermedias de relevancia.

VIII. RESUMEN

La Provincia de Los Ríos se ha visto frecuentemente afectada por diferentes eventos de origen natural, socio natural y antrópicos, entre ellos las inundaciones como una de las mayores amenazas para el sector urbano marginal y rural.

El presente estudio, se basa en la aplicación del método de Muskingum (Modelo Hidrológico) en el sistema hídrico Baba- Vinces el mismo que comprende a los cantones Quevedo y Mocache, para el desarrollo de este trabajo se utilizó información de caudales, precipitación, temperatura y niveles de una serie de 24 años (1982-2006). De las estaciones hidrométricas Baba DJ Toachi-DCP, Quevedo en Quevedo y Vinces en Vinces –DCP pertenecientes al Inamhi.

Entre los objetivos de este trabajo esta verificar la efectividad del método Muskingum en el tramo escogido del sistema hídrico Baba- Vinces de las cuatro aproximaciones efectuadas para la calibración del método la primera y cuarta aproximación fueron las que mejor se ajustaron a la curva de descarga sin embargo no representan el flujo real de las crecidas por las aportaciones intermedias de los ríos Quindigua, San Pablo y Lulo.

Además se establecieron los caudales de máximas crecidas registrándose en los periodos 1982-1983, 1997-1998 con un promedio anual de 483,33 m³/s para el primer periodo y 390,93 m³/s para el segundo. Se determinaron los periodos de retorno mediante la distribución Gumbel que fueron desde los 2 años a 150 años en que ha de ocurrir una crecida.

Se logró la elaboración de mapas de: Inundación en el sector Quevedo-Mocache, Sistema Hídrico de la zona en estudio, Isoyetas, Isotermas, ETP, Isoyetas Fenómeno El Niño 97-98, Isotermas Fenómeno El Niño 97-98, ETP Fenómeno El Niño 97-98, Sistema Hídrico de la Provincia de Los Ríos.

IX. SUMMARY

The Province of the Rivers has been seen frequently affected by different events from natural origin, natural partner and antrópicos, among them the floods as one of the greater threats for the marginal and rural urban sector.

The present study, is based on the application of the method of Muskingum (Model Hydrologic) in the hydric system Baba-Vinces the same one that includes/understands to the corners Quevedo and Mocache, for the development of this work was used information of volumes, precipitation, temperature and levels of a series of 24 years (1982-2006). Of the hydrometrics stations Baba DJ Toachi-DCP, Quevedo in Quevedo and Vinces in Vinces - DCP pertaining to the Inamhi.

Between the objectives of this work this to verify the effectiveness of the Muskingum method in the selected section of the hydric system Baba-Vinces of the four approaches conducted for the calibration of the method the first and fourth approach was those that more good adjusted to the unloading curve nevertheless do not represent the real flow of the swellings by the intermediate contributions of the Quindigua rivers, San Pablo and Lulo.

In addition the volumes of maximum swellings settled down registering itself in periods 1982-1983, 1997-1998 with an annual average of 483, 33 m³/s for the first period and 390, 93 m³/s for the second. They determined the periods of return by means of the distribution Gumbel that went from the 2 years to 150 years in which there are to happen a swelling.

They were managed to determine maps of: Flood in the sector Quevedo-Mocache, Hydric System of the zone in study, Isoyetas, Isotherms, ETP, Isoyetas Phenomenon Boy 97-98, Isotherms Phenomenon Boy 97-98, ETP Phenomenon Boy 97-98, Hydric System of the Province of the Rivers.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares francisco J. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. México.
- Cardona A. 2006. Evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo. (en línea) disponible en <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>.
- CEPAL Julio 1998. Ecuador: Evaluación de los Efectos Socio-Económicos del Fenómeno El Niño en 1997-1998. Su medición conforme a la metodología de CEPAL (en línea) disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cursouni/ADdesecuni.pdf>.
- Chow Ven Te, Maidment David R., Mays Larry W. 1994. Hidrología Aplicada McGraw-Hill. Interamericana S.A., Santa Fé de Bogotá Colombia.
- Chow, V.T. (ed.): 1964. Handbook of Hydrology, Mc Graw-Hill, New Cork.
- CRIC-CISP-TERRA NUOVA. Proyecto DIPECHO 2005. Guía para activación del sistema de alerta temprana en la cuenca del río Quevedo cantones Quevedo y Mocache. Provincia de los Ríos Ecuador.
- Defensa Civil del Ecuador. 2004. Autoprotección Ciudadana Gestión del Riesgo.
- FEMA. 2007 Tormentas Eléctricas (en línea), disponible <http://www.fema.gov/spanish/areyouready/thunderstorms-spa.shtm>.
- Foro Ciudades para la Vida. Manual N° 2 GESTIÓN COMUNITARIA DE RIESGOS, noviembre 2002. Perú (en línea). Disponible en <http://www.CRID.or.cr/CRID/idcr/materia=de=apoyo=4=ac.htm>.

- Guía Metodológica para la elaboración del balance hídrico de América del Sur Unesco ROSTLAC, 1982 Montevideo Uruguay.

- Heras Rafael. 1976. Recursos Hidráulicos Síntesis Metodología y Normas, Madrid.

- http://es.wikipedia.org/wiki/Dist_de_Gumbel.

- <http://es.wikipedia.org/wiki/niño>.

- <http://www.defensacivil.gov.ec/does/fenomenos/antropicos/naturales>
actualmente Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos.

- INAHMI, 2000. (en línea) disponible en http://www.usfq.edu.ec/programas_de_pregrado/biologicas/pdfs/noticias/CONFERENCIAS%20CAMBIO%20CLIMATICO/CAMBIO%20CLIMATICO,%20PROBLEMAS%20Y%20SOLUCIONES.pdf.

- La Cuenca del Guayas: Gran reserva nacional. (en línea) disponible en <http://www.icm.espol.edu.ec/home/alumnos/herraez/Guayaquil.htm>.

- Linsley, Kohler, Paulhus. 1997. Hidrología para ingenieros, Mc Graw-Hill Latinoamericana S.A., Segunda Edición, Bogotá, Colombia.

- Los desastres naturales y sus consecuencias (en línea) disponible en <http://www.temas-estudio.com/desastres-naturales/>.

- Monsalve Sáenz German. 1999. Hidrología en la Ingeniería, Segunda Edición. Pág. 382. México.

- OPS. Programa PED/ ECU. Marzo 2004. Prevención y Mitigación de Desastres ante inundaciones en establecimientos de salud.

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-UNDP 2007. Cuaderno Guía para la Formulación de Agendas de Recuperación Temprana.,

cantones Babahoyo, Baba. Mocache y Vinces. Provincia de Los Ríos Ecuador.

- Propuesta de Estrategia Nacional Para la Reducción de Riesgos y Desastres Noviembre 2008 (en línea) disponible en <http://www.stgestionriesgos.gov.ec/>.
- Proyecto Dipecho Cric-Terranuova 2005. Plan de Emergencia y Modelo Operativo de Respuesta Provincia de Los Ríos Ecuador.
- Ríos S. 2005 Los Desastres (en línea). Disponible en <http://www.aporrea.org/actualidad/a13255>.
- Roberto Pizarro T., Manuel Hormazábal V., Lastenia León G., Carolina Morales C. (2009). Determinación empírica de los parámetros que modelan el tránsito de avenidas, por el método de Muskingum, en zonas de clima mediterráneo de Chile central.
- Romero G. y Maskrey A. 1993. Como Entender Los Desastres Naturales. (en línea) disponible en [http:// www.desenredando.org/index.html](http://www.desenredando.org/index.html).
- Sánchez, F.S. 2004 Tránsito de Hidrogramas. Universidad de Salamanca.12 vp. disponible (En: <http://web.usal.es/javisan/hidro>).
- Tormentas. 2007 (en línea). España disponible en <http://html.rincondelvago.com/tormentas-electricas.html>.
- TUCCI, C. M. (1998) “Escoamento”, Capítulo 4 en: Modelos Hidrológicos, Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.
- Vega G. Stolz W. 1997 Folleto Informativo Costa Rica (en línea). Disponible en http://www.cne.go.cr/CEDO/fenomeno_del_nino.htm.
- www.portalplanetasedna.com.ar/desastres01.htm.

XI. ANEXOS